

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Clima Temperado  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

# MORANGUEIRO

Luis Eduardo Corrêa Antunes  
Carlos Reisser Júnior  
José Ernani Schwengber  
Editores Técnicos

**Embrapa**  
Brasília, DF  
2016



Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Clima Temperado**

Rodovia BR-392, Km 78  
9º Distrito, Monte Bonito  
Caixa Postal 321  
96010-971 Pelotas, RS  
Fone: (53) 3275-8100  
Fax: (53) 3275-8221  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Unidade responsável pelo conteúdo**

Embrapa Clima Temperado

Comitê Local de Publicações

Presidente

*Ana Cristina Richter Krolow*

Vice-Presidente

*Enio Egon Sosinski Junior*

Secretária-executiva

*Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros

*Ana Luiza Barragana Viegas*

*Luiz Fernando Teixeira de Carvalho Jackson*

*Marilaine Schaun Pelufe*

*Sônia Desimon*

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica (PqEB)  
Av. W3 Norte (final)  
70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 3448-4236  
Fax: (61) 3448-2494  
www.embrapa.br/livraria  
livraria@embrapa.br

**Unidade responsável pela edição**

Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial

*Selma Lúcia Lira Beltrão*

*Lucilene Maria de Andrade*

*Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial

*Juliana Meireles Fortaleza*

Revisão de texto

*Corina Barra Soares*

Normalização bibliográfica

*Iara Del Fiaco Rocha*

*Celina Tomaz de Carvalho*

Projeto gráfico e capa

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Fotos das capas e das aberturas de capítulo

*Paulo Lanzetta*

**1ª edição**

1ª impressão (2016): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Informação Tecnológica

Morangueiro / Luis Eduardo Corrêa Antunes, Carlos Reisser Júnior, José  
Emani Schwengber, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2016.  
589 p. : il. color. ; 18,5 cm x 25,5 cm.

ISBN 978-85-7035-594-2

1. Morango. 2. *Fragaria* Spp. 3. Tecnologia agrícola. 4. Difusão de tecnologia.  
5. Produção agrícola. 6. Produção de alimentos. I. Antunes, Luis Eduardo Corrêa.  
II. Reisser Júnior, Carlos. III. Schwengber, José Emani. IV. Embrapa Clima  
Temperado.

CDD 634.75

© Embrapa, 2016

# Autores

## **Adilson Luís Bamberg**

Engenheiro agrícola, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

## **Aline Nondillo**

Bióloga, doutora em Ciências Biológicas, pós-doutoranda, bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs), Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS

## **Ana Claudia Barneche de Oliveira**

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

## **Ana Cristina Richter Krolow**

Farmacêutica, doutora em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

## **Ana Paula Cecatto**

Química industrial de alimentos, doutora em Agronomia, professora da Sociedade Educacional Três de Maio (Setrem), Três de Maio, RS

## **André Samuel Strassburger**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro), Caxias do Sul, RS

## **Bernardo Ueno**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

## **Carina Costa Estrela**

Ecóloga, mestre em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, professora da Universidade Católica de Pelotas (UCPel), Pelotas, RS

## **Carine Cocco**

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, professora da Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, RS

## **Carlos Augusto Posser Silveira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

## **Carlos Reisser Júnior**

Engenheiro agrícola, doutor em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

## **Daiane Peixoto Vargas**

Bióloga, doutora em Fisiologia Vegetal, pós-doutoranda do Programa de Pós-Doutorado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (PNPD/Capes), Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

## **Daniel Bernardi**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, bolsista do Programa de Pós-Doutorado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (PNPD/Capes), Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS

## **Denise de Souza Martins**

Engenheira-agrônoma, doutora em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, professora do Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSul), Campus Bagé, RS

## **Dori Edson Nava**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Eunice Oliveira Calvete**

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, professora da Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS

**Fagoni Fayer Calegario**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

**Gerson Kleinick Vignolo**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Pelotas, RS

**Hélcio Costa**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Vitória, ES

**Heloísa Ferro Constâncio Mendonça**

Engenheira-agrônoma, mestre em Agronomia, doutoranda em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Cascavel, PR

**Ivan Rodrigues de Almeida**

Geógrafo, doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**João Carlos Medeiros Madail**

Economista, mestre em Economia, pesquisador aposentado da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**José Ernani Schwengber**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Juliana Hey Coradin**

Engenheira de bioprocessos e biotecnologia, mestre em Engenharia Química, analista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Leonardo Ferreira Dutra**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Lessandro Coll Faria**

Engenheiro agrícola, doutor em Engenharia Agrícola, professor da Universidade Federal de Pelotas (UFPe), Pelotas, RS

**Liana Viviam Ferreira**

Bióloga, mestre em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, doutoranda em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas (UFPe), Pelotas, RS

**Lorena Pastorini Donini**

Bióloga, doutora em Agronomia, bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Luciano Picolotto**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Curitiba, SC

**Luís Carlos Timm**

Engenheiro agrícola, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal de Pelotas (UFPe), Pelotas, RS

**Luis Eduardo Corrêa Antunes**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Márcia Vizzotto**

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Marcos Botton**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS

**Maria Aparecida Cassilha Zawadneak**

Engenheira-agrônoma, doutora em Entomologia, professora da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR

**Maria Laura Turino Mattos**

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Maristela Watthier**

Engenheira-agrônoma, mestre em Fitotecnia, doutoranda em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG

**Michel Aldrighi Gonçalves**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, bolsista Capes-Embrapa, Pelotas, RS

**Natália Dias Gomes da Silva**

Bióloga, mestre em Fisiologia Vegetal, doutoranda em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, RS

**Osmar Nickel**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Patologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS

**Rosane Martinazzo**

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Rosiani Castoldi da Costa**

Bióloga, doutora em Agronomia, professora do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Sertão, RS

**Rosiméri Da Silva Fraga**

Engenheira civil, mestre em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, professora do Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSul), Pelotas, RS

**Rufino Fernando Flores Cantillano**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Pós-Colheita, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Sandro Bonow**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Thor Vinícius Martins Fajardo**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS

**Vitor Emanuel Quevedo Tavares**

Engenheiro agrícola, doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes, professor da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, RS

**Volnei Pauletti**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR





# Apresentação

Os principais países produtores de morango da América do Sul são o Brasil, o Chile, o Peru e a Argentina. O Brasil é o maior produtor, chegando o seu cultivo a ocupar uma área de 3.500 ha a 3.800 ha. A produção brasileira de morango abrange pelo menos oito estados brasileiros, com destaque para Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Espírito Santo, Santa Catarina, Paraná e o Distrito Federal. Mais de 90% da produção é comercializada no mercado interno, na forma in natura. Entretanto, há uma grande demanda reprimida de consumo, que poderá ser conquistada se boas práticas de manejo forem mais intensamente implementadas nos sistemas de produção e de pós-colheita. Ademais, a produção de morango com base na certificação poderá abrir novas oportunidades de exportação, favorecidas pelo fato de o Brasil produzir também na contraestação do Hemisfério Norte.

Várias práticas de manejo, como a plasticultura, a fertirrigação e o manejo integrado de pragas, associadas ao uso de variedades adaptadas e produtivas, a partir de mudas de origem comprovada e fisiologicamente aptas ao cultivo, poderão garantir a sustentabilidade da produção de morangos no Brasil. A escolha do sistema a ser adotado vai depender do destino da produção, se in natura ou para industrialização.

Nesse sentido, o papel da Embrapa consiste em aportar conhecimentos nas diferentes áreas, de modo a dar condições ao agricultor de ter boa rentabilidade e garantir a sustentabilidade na sua área de produção.

Este livro tem por finalidade reunir informações sobre o cultivo do morango geradas por profissionais da Embrapa, de universidades e de institutos estaduais de pesquisa, assistência técnica e extensão rural e atender as demandas por parte de produtores, técnicos, estudantes e demais interessados em obter, com esse cultivo, renda e sustentabilidade, além de saúde e prazer.

Embora de larga abrangência, este livro não pretende esgotar o assunto. Seu intuito é essencialmente divulgar as principais tecnologias adotadas no mundo para se alcançar uma produção sustentável de morango.

Boa leitura!

*Clenio Nailto Pillon*

Chefe-Geral da Embrapa Clima Temperado





## Prefácio

O Brasil é a maior potência econômica da América Latina, na condição privilegiada de maior produtor e exportador de produtos agrícolas nesta fase de reorganização da ordem agrícola mundial. Desempenha, por esse motivo, importante papel de liderança nos acordos de livre comércio, como o Mercosul.

No fluxo do comércio livre, a Embrapa tem se empenhado em melhorar a qualidade e a segurança dos produtos agrícolas brasileiros, adequando-os, assim, às rigorosas exigências do mercado mundial de produtos agrícolas.

O cultivo de morango no Brasil está concentrado nos estados do Rio Grande do Sul, de São Paulo e de Minas Gerais, mas, atualmente, as áreas da cultura dessa fruta vêm se expandindo por outros estados, tendo, recentemente, alcançado a produção de 105 mil toneladas de morango, o que corresponde a 33% de toda a produção da América Latina.

Este livro, cuja principal temática são as tecnologias de cultivo de morango, resultou da cooperação entre a organização sul coreana Rural Development Administration (RDA) e a Embrapa, e tem como principal objetivo apresentar soluções para a superação de gargalos tecnológicos das cadeias produtivas. Este trabalho foi desenvolvido com o apoio do programa coreano para o desenvolvimento da agricultura internacional, no âmbito do Korea Project on International Agriculture (KoPIA), tendo como uma das suas linhas condutoras a criação de novas cultivares de morangueiro que fossem mais adaptadas às características de clima e solo do Brasil.

Esta publicação apresenta as principais cultivares introduzidas no Brasil, além de tecnologias de ponta, como a produção fora de solo, a propagação de plantas e o manejo integrado de pragas. Será, pois, de grande ajuda para os produtores de morango, contribuindo principalmente para o aumento de sua renda e a garantia da sustentabilidade ambiental.

O sucesso deste empreendimento nós dá a confiança de que futuros tratados de cooperação técnica serão firmados entre o RDA e a Embrapa, com foco em diversos frutos, concorrendo, assim, para o desenvolvimento da agricultura dos dois países.

*Lee, Yangho*

Presidente

Rural Development Administration, South Korea



# Sumário

<b>Introdução</b> .....	13
-------------------------	----

<b>Capítulo 1</b> Panorama econômico.....	15
--	----

<b>Capítulo 2</b> Origem e botânica .....	35
--	----

<b>Capítulo 3</b> Crescimento e desenvolvimento.....	47
---	----

<b>Capítulo 4</b> Produção de matrizes.....	67
--	----

<b>Capítulo 5</b> Produção de mudas .....	79
--	----

<b>Capítulo 6</b> Marcadores moleculares.....	111
--	-----

<b>Capítulo 7</b> Clima .....	125
----------------------------------	-----

<b>Capítulo 8</b> Melhoramento genético e principais cultivares .....	133
---	-----

<b>Capítulo 9</b> Fertilidade do solo e nutrição .....	149
---	-----

<b>Capítulo 10</b> Produção no campo.....	201
--	-----

<b>Capítulo 11</b> Sistemas de produção fora de solo.....	219
--	-----

<b>Capítulo 12</b> Plasticultura.....	259
--	-----

<b>Capítulo 13</b> Manejo da água .....	281
--	-----

<b>Capítulo 14</b> Produção integrada .....	333
--	-----

<b>Capítulo 15</b> Produção de base ecológica .....	343
--	-----

<b>Capítulo 16</b> Manejo Integrado de pragas.....	361
---	-----

<b>Capítulo 17</b> Doenças causadas por fungos e bactérias...	413
--	-----

<b>Capítulo 18</b> Viroses .....	481
-------------------------------------	-----

<b>Capítulo 19</b> Manuseio pós-colheita.....	507
--	-----

<b>Capítulo 20</b> Segurança alimentar e ambiental .....	537
---	-----

<b>Capítulo 21</b> Características funcionais.....	563
---	-----

<b>Capítulo 22</b> Processamento e novos produtos.....	573
---	-----



## Introdução

Diversas mudanças sociais, econômicas e climáticas, operadas em âmbito nacional e mundial, vêm estimulando a revisão de antigos paradigmas sobre a alimentação humana, agora definitivamente fixados em qualidade e funcionalidade dos alimentos, em associação com a preservação do meio ambiente. A despeito da expansão do conhecimento sobre a produção de alimentos, existe ainda uma grande carência de informações a respeito da produção de pequenas frutas.

Entre o grupo das pequenas frutas, o morangueiro é a espécie mais explorada no Brasil. A produção de morango no País vem se expandindo a cada ano, representando, atualmente, cerca de 40% da área total de produção na América do Sul, o que corresponde a aproximadamente 3.500 ha. A demanda anual por mudas de morango no Brasil, que é de aproximadamente 175 milhões de plantas, confirma o crescente prestígio que essa fruta usufrui entre os brasileiros, graças aos seus aspecto e sabor inigualáveis. Ademais, essa cultura apresenta grande importância socioeconômica, uma vez que a maioria das áreas de cultivo do morango está situada em propriedades com base na agricultura familiar, o que pode significar maior renda para as famílias, maior geração de empregos e um convite à fixação do homem no campo.

As informações contidas nesta publicação, que seguramente vão contribuir para expandir o conhecimento sobre a cadeia produtiva, têm como premissa a possibilidade de produzir morango com o uso racional de insumos, mantendo, ao mesmo tempo, a qualidade e a rentabilidade dessa promissora atividade agrícola.





CAPÍTULO

1

# Panorama econômico

João Carlos Medeiros Madail



## Introdução

O morango tem características que atraem e encantam os consumidores, como a cor, de um vermelho-vivo, além de aroma e sabor inigualáveis. Por se tratar de fruta com grande quantidade de vitamina C, que preserva ossos, dentes, gengivas e vasos sanguíneos, além de outras qualidades, ela é essencial para a manutenção da saúde. Em virtude desses atributos, tornou-se uma ótima opção de negócio para a cadeia produtiva nos mercados local e global. A importância social do morango está na força mobilizadora de um número significativo de produtores, em suas mais variadas escalas produtivas, que geram emprego para um expressivo contingente de operários do campo. No Brasil, o cultivo da fruta em escala comercial é recente, se comparado com o tempo de exploração e os avanços técnicos alcançados nos países maiores produtores.

Não há registros oficiais sobre a data da introdução do morangueiro no Brasil, mas informações extraoficiais sugerem que a introdução tenha tido lugar por volta de 1950, no sul do Estado de Minas Gerais, mais precisamente no Município de Estiva.

O marco de expansão do cultivo da fruta foram os anos 1980, com a introdução de novas cultivares e tecnologias de produção, resultantes de esforços dos órgãos de pesquisa na área da cadeia produtiva do morango. Com isso, os índices médios de produtividade praticamente quadruplicaram, despertando o interesse de produtores e demais agentes envolvidos no processo produtivo. Por sua vez, o avanço das tecnologias de comunicação, que reduziram o mundo a uma tribo global, uniformizando hábitos e preferências do consumidor, e aumentando seu grau de exigência, foi um fator decisivo a impulsionar a melhoria do sistema de produção do morangueiro no País. Paralelamente, procurava-se fazer frente à concorrência com os países maiores produtores.

A cultura do morangueiro no País manteve um ritmo de crescimento acelerado, acompanhando o aquecimento do mercado interno, proporcionado em uma época de estabilidade econômica, o qual se traduziu em melhoria do poder de consumo das classes média e baixa. Esse crescimento, entretanto, não se refletiu no mercado global.

Ao mesmo tempo que cresceu a oferta da fruta no mercado local, cresceram também as exigências dos consumidores em relação à sanidade e à qualidade das frutas. Pesquisas que buscam desenvolver variedades mais resistentes a pragas e doenças, assim como estudos sobre o período pós-colheita, como armazenamento e distribuição, têm sido demandadas pela cadeia produtiva da fruta. Essas questões, além das suas implicações sociais

e ambientais, passam a ser decisivas na competitividade da cadeia produtiva no âmbito mercadológico para o qual são destinadas essas frutas.

Os mercados em geral, especialmente o referente às cadeias agroalimentares, são extremamente exigentes em inovação, com requisitos de qualidade comprovada. Para isso, novos sistemas de produção têm sido introduzidos pela pesquisa, com o objetivo de reduzir a dependência de agroquímicos no processo produtivo.

O principal mercado do morango em âmbito local é o da fruta fresca, mas há também forte demanda pela fruta em processo de industrialização, na forma de polpa congelada, sorvetes, geleias, gelatinas, xaropes, chás, compotas e sucos. Segundo Vendruscolo e Vendruscolo (2005), nenhum método economicamente viável preserva a qualidade da fruta fresca, o que resulta na perda de suas características peculiares de textura, aroma, cor e sabor. Sabe-se, entretanto, que o mercado de sucos, sorvetes, iogurtes e similares absorve uma fatia considerável da produção nacional, com potencial de crescimento. Nos Estados Unidos, a indústria de morangos rende 1 bilhão de dólares. O Estado da Califórnia contribui com mais de 80% da produção americana, sendo que aproximadamente 26% da produção é congelada, liofilizada e processada de outras maneiras. O morango liofilizado é utilizado em cereais e outros tipos de alimento.

## Produção brasileira

O Brasil é carente em informações estatísticas oficiais sobre a produção de morangos. Os dados disponíveis são resultado de iniciativas de pessoas interessadas que atuam no segmento. Segundo levantamentos realizados em 2010, pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (Emater-MG) (informação verbal)<sup>1</sup>, o Brasil produziu 133.391 t de morango numa área de 3.718 ha (Tabela 1).

O Estado de Minas Gerais é o principal produtor, com 54,52% do total produzido no País. A maior concentração da produção mineira ocorre no Município de Pouso Alegre, que participa com mais de 40% da produção do estado. O restante da produção mineira advém de 40 municípios que, somados a Pouso Alegre, envolvem mais de 5,9 mil produtores e geram 15 mil empregos diretos e outros 24 mil indiretos. A produtividade média alcançada no estado é de 41 t ha<sup>-1</sup>.

---

<sup>1</sup> Dados fornecidos pelo engenheiro-agrônomo Sérgio Pereira de Carvalho, coordenador estadual de fruticultura da Emater-MG em 14 de agosto de 2012.



**Tabela 1.** Área, produção e produtividade de morango no Brasil em 2010.

Estado	Área (ha)	Produção (t)	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Participação (%)
Minas Gerais	1.790	72.716	41	54,52
Paraná	600	18.000	30	13,50
Rio Grande do Sul	500	15.000	30	11,25
São Paulo	331	10.655	32	7,98
Espírito Santo	240	8.000	33	5,99
Distrito Federal	120	4.800	40	3,59
Rio de Janeiro	37	2.220	60	1,67
Santa Catarina	100	2.000	20	1,50
<b>Total</b>	<b>3.718</b>	<b>133.391</b>	<b>-</b>	<b>100,00</b>

O segundo maior produtor de morangos, em 2010, foi o Paraná, que obteve 18 mil toneladas – muito abaixo da produção de Minas Gerais –, o que representou 13,50% da produção brasileira. A área ocupada com a produção de morangos no Paraná foi de 600 ha, cuja produtividade média alcançou 30 t ha<sup>-1</sup>. A produção de morangos no estado concentra-se na região Norte Pioneiro, com destaque para os municípios de Pinhalão, Curitiba e Londrina.

O Rio Grande do Sul, em 2010, foi o terceiro maior produtor de morangos do País. A produção gaúcha nesse ano foi de 15 mil toneladas, praticada numa área de 500 ha. A produtividade média de morangos no Rio Grande do Sul foi de 30 t ha<sup>-1</sup>. As principais regiões produtoras do estado se localizam no Vale do Caí, nos municípios de Estrela, Feliz, Bom Princípio, São Sebastião do Caí, Linha Nova, São João do Hortêncio, além de outros, em menor escala, que produzem a fruta basicamente para o consumo fresco. Na região da Serra Gaúcha, a produção concentra-se nos municípios de Farroupilha, Caxias do Sul, Flores da Cunha e Bento Gonçalves, e na região sul do Rio Grande do Sul, nos municípios de Pelotas – principal produtor e processador da fruta –, Turuçu, São Lourenço do Sul e Canguçu.

O Estado de São Paulo, o quarto produtor de morangos do País, produziu, em 2010, 10,6 mil toneladas, numa área de 331 ha, obtendo 32 t ha<sup>-1</sup> de rendimento. No estado, a exploração comercial iniciou nos municípios de Suzano e Itaquera, expandindo-se em seguida para Jundiaí, e mais tarde para Piedade e Atibaia. Foi neste último município que a produção alcançou maior expressão, concentrando, atualmente, 60% do total explorado.

Em menor importância em volume produzido da fruta, figura o Estado do Espírito Santo, onde o morango, em 2010, foi cultivado em aproximadamente 3 mil propriedades, sendo que 89% dessas áreas são inferiores a 0,4 ha. Os principais municípios produtores do estado são Vila Nova, Domingos Martins, Castelo, Vargem Alta, Santa Maria e Muniz Freire.

No Distrito Federal e no Rio de Janeiro, são alcançadas as maiores produtividades do País: 40 t ha<sup>-1</sup> e 60 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

O Estado de Santa Catarina também figura entre os principais produtores de morango. A produção obtida em 2010 foi de 2 mil toneladas, numa área de 100 ha, onde foram envolvidos 300 produtores, distribuídos por todo o estado: em pequenas áreas no norte, em torno de 2.000 m<sup>2</sup>; e em áreas maiores no sul, que chegam a 5 ha, exploradas por imigrantes gaúchos. Os principais municípios produtores são: Caçador, Urussanga, Itajaí, Rio do Sul, Florianópolis e Tubarão.

Cabe salientar que as informações sobre a produção brasileira de morangos levantadas pelo Departamento Técnico da Emater de Minas Gerais em 2010 correspondem aos registros da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (FAO, 2013), nos quais consta que, em 2011, o Brasil produziu apenas 3.016 t, com rendimento médio ao redor de 8 t ha<sup>-1</sup>.

## Produção mundial

A produção mundial de morango tem se mantido ao redor de 4,5 milhões de toneladas, com a participação dos Estados Unidos em mais de 28% do total ofertado. As estatísticas anuais da produção apontam crescimento em torno de 3% a 5%, com exceção do período 2008/2009, em que houve queda de 11% em relação ao período anterior. Nesse período, apesar da queda de produção, os Estados Unidos mantiveram o ritmo de crescimento em 1,45%, o que demonstra o distanciamento desse país na produção da fruta em relação aos demais produtores. Entre os outros países produtores, a queda na produção ocorreu no México, no Japão, na Polônia, no Egito, na Rússia e na Alemanha (Tabela 2).

O Brasil, mesmo dispondo de condições naturais favoráveis para o desenvolvimento da cultura em escala comercial, está longe de figurar entre os principais países produtores. Em 2011, apesar do crescimento de 5,57% da produção em relação ao ano anterior, o País ficou muito longe de figurar entre os principais países produtores. Ocupa a modesta

posição de 52º produtor, o que mostra o longo caminho a ser percorrido até que se alcancem posições de destaque (Tabela 2).

**Tabela 2.** Os dez países com maior produção de morango e produção do Brasil e do mundo no período de 2007 a 2011.

País	Produção (t)				
	2007	2008	2009	2010	2011
Estados Unidos	1.109.220	1.148.350	1.270.640	1.294.180	1.312.960
Espanha	269.139	281.240	263.700	275.355	514.027
Turquia	250.316	261.078	291.996	299.940	302.416
Egito	174.414	200.254	242.776	238.432	240.284
México	176.396	207.485	233.041	226.657	228.900
Rússia	230.400	180.000	185.000	165.000	184.000
Japão	191.400	190.700	184.700	177.500	182.091
Coreia do Sul	203.227	192.296	203.772	231.803	171.519
Polônia	174.578	200.723	198.907	153.410	166.159
Alemanha	158.658	150.854	158.563	156.911	154.418
Brasil	2.891	2.852	2.736	2.857	3.016
<b>Mundo</b>	<b>4.000.569</b>	<b>4.131.227</b>	<b>4.587.126</b>	<b>4.349.498</b>	<b>4.594.539</b>

Fonte: FAO (2013).

## Área cultivada no mundo

A área cultivada com morango no mundo se manteve constante no período de 2005 a 2009 (Tabela 3). Em 2009, segundo dados oficiais publicados pela FAO (2013), foram cultivados 254.523 ha. A Polônia, que ocupou a sétima posição na produção no mesmo ano, registrou a maior área cultivada quando comparada aos maiores produtores mundiais da fruta, ou seja, 21,04% da área total cultivada com morango entre os dez maiores produtores mundiais em 2009.

Os Estados Unidos, maior produtor de morango do mundo, graças a sua produtividade superior à dos demais, ocuparam a segunda posição em área cultivada, nesse mesmo ano, quando, então, se observou aumento da área em mais de 9% em relação aos anos anteriores. O Brasil, a despeito dos espaços agricultáveis favoráveis à produção de

morango, participou, em 2009, com apenas 0,14% da área total cultivada, o que denota o distanciamento do País em relação aos maiores produtores, considerando suas condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura.

**Tabela 3.** Área de cultivo dos dez maiores produtores e do Brasil, no período de 2005 a 2009.

País	Área cultivada (ha)				
	2005	2006	2007	2008	2009
Polônia	55.139	55.600	52.309	54.160	53.551
Estados Unidos	21.125	21.562	21.117	22.043	23.504
Rússia	35.200	34.200	33.800	23.000	23.110
Alemanha	13.435	14.214	13.013	13.032	12.978
Turquia	10.000	9.985	10.880	11.279	12.150
Egito	3.800	10.201	15.059	12.458	12.000
Bielorrússia	6.900	7.300	7.700	7.800	8.200
Ucrânia	8.100	8.200	8.300	8.300	8.200
Sérvia	-	8.173	7.829	7.923	7.916
Espanha	8.748	8.296	8.078	8.134	7.100
Brasil	362	370	377	378	359
<b>Área total</b>	<b>258.883</b>	<b>264.311</b>	<b>264.832</b>	<b>254.036</b>	<b>254.523</b>

Fonte: FAO (2013).

## Produtividade mundial

Entre os dez maiores produtores mundiais de morango, a produtividade média alcançada em 2009 esteve perto de 40 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 4). Os Estados Unidos, país que se destaca por ser o maior produtor de morango voltado aos mercados interno e externo, estão bem à frente dos demais países produtores quanto à produtividade, tendo alcançado 54 t ha<sup>-1</sup>. Em 2009, esse país registrou uma produtividade 30,55% superior à do Marrocos, que é o segundo país nesse quesito. Esse fato demonstra o distanciamento dos Estados Unidos, em termos de desenvolvimento técnico e comercial, em relação à fruta, no mundo. Comparando com o desempenho desse país, fica clara a necessidade de avanços significativos no desempenho da cultura no Brasil. Em virtude da diversidade de clima e solo que o Brasil apresenta, seria possível ofertar o produto o ano inteiro. Com produtividades

irrisórias, o Brasil ocupa uma modesta 43ª posição no quesito produtividade, o que deixa claro o enorme desafio dos agentes da cadeia produtiva do morango em termos de melhoria do desempenho brasileiro (Tabela 4).

**Tabela 4.** Produtividade dos dez países maiores produtores de morango, do Brasil e do mundo, no período de 2005 a 2009.

País	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )				
	2005	2006	2007	2008	2009
Estados Unidos	49,86	50,57	52,53	52,10	54,06
Marrocos	37,77	40,00	41,38	44,07	41,41
Israel	27,87	30,14	32,55	49,78	39,32
Espanha	36,68	39,84	33,32	34,58	37,14
Kuwait	24,55	25,00	32,17	37,33	35,67
México	28,75	29,96	28,28	33,60	34,90
Colômbia	29,95	35,90	31,12	39,96	34,51
Bélgica	36,87	32,58	36,77	35,05	30,93
Japão	28,52	28,09	28,15	29,47	30,78
Holanda	24,38	23,06	25,29	24,12	30,77
Brasil	7,52	7,57	7,67	7,54	7,48
<b>Mundo</b>	<b>14,60</b>	<b>15,03</b>	<b>15,09</b>	<b>16,11</b>	<b>16,42</b>

Fonte: FAO (2013).

## Exportação

O volume transacionado de morangos no mercado mundial, no período de 2006 a 2010, manteve índices de crescimento. Em 2010, cresceu 22,92% em relação ao ano anterior, atingindo 817.074 t (Tabela 5).

A Espanha tem se mantido como tradicional exportador. Mesmo não sendo o maior produtor, direciona grande parte da sua produção para o mercado externo. Em 2010, participou com mais de 44% das transações globais do morango. Apesar de serem o maior produtor mundial, os Estados Unidos são o segundo maior exportador. Espanha e Estados Unidos juntos participam com mais de 61% das exportações mundiais de morango. Os demais países tradicionais exportadores mantêm um volume constante de participação no mercado global do morango (Tabela 5).



O Brasil chegou a exportar 38 t da fruta em 2007, mas a sua participação no mercado mundial não se repetiu nos anos seguintes, o que confirma o desinteresse de produtores e agentes exportadores em participar desse importante mercado. Em 2010, foram exportadas apenas 3 t da fruta (Tabela 5).

**Tabela 5.** Os dez maiores exportadores de morango, exportação brasileira e mundial no período de 2006 a 2010.

País	Exportação (t)				
	2006	2007	2008	2009	2010
Espanha	207.974	186.377	188.042	224.618	360.204
Estados Unidos	103.953	116.744	129.236	130.027	139.810
México	70.970	66.914	71.769	61.893	66.019
Holanda	29.525	35.068	31.854	40.459	43.090
Bélgica	39.089	39.004	38.038	38.044	38.573
Turquia	11.776	17.354	22.292	23.240	25.867
Marrocos	19.494	18.066	21.946	21.602	18.396
França	34.220	23.228	23.527	22.950	18.000
Itália	22.917	17.746	23.285	17.000	17.914
Egito	12.676	21.613	9.284	17.000	17.513
Brasil	18	38	5	2	3
<b>Mundo</b>	<b>621.627</b>	<b>604.561</b>	<b>616.299</b>	<b>664.707</b>	<b>817.074</b>

Fonte: FAO (2013).

## Valor das exportações

O morango é uma das frutas mais valorizadas no mercado global. A cada ano, cresce o valor das exportações em relação aos volumes exportados. Em 2010, a valorização das exportações alcançou mais do que US\$ 1,8 bilhão, sendo a Espanha o país mais beneficiado. Os Estados Unidos, que participaram ativamente das exportações no período de 2006 a 2010, mantiveram a segunda colocação em relação à valorização das exportações. A Holanda, cuja dimensão territorial é bem inferior à dos grandes produtores, registrou a terceira posição na valorização das exportações. Bélgica e México também estão no grupo dos países com participação global significativa na valorização das exportações. O Brasil

ainda não se deu conta da importância desse mercado, que proporciona divisas para o País e fortalece a cadeia produtiva. Nesse quesito, ocupou uma singela 70ª posição, o que demonstra o longo caminho a ser percorrido (Tabela 6).

**Tabela 6.** Valor das exportações de morango no período de 2006 a 2010.

País	Valor das exportações (US\$ 1.000)				
	2006	2007	2008	2009	2010
Espanha	397.074	423.968	503.849	526.001	526.131
Estados Unidos	261.287	297.996	336.928	344.005	378.764
Holanda	124.250	167.104	196.877	213.053	243.660
Bélgica	130.161	155.171	171.392	162.885	161.798
México	135.817	124.411	128.647	93.164	142.331
Itália	65.884	50.771	79.581	47.134	63.310
França	76.974	65.552	73.340	63.573	49.224
Egito	6.364	12.061	32.806	86.510	48.001
Alemanha	34.295	35.730	36.800	39.821	33.986
Grécia	1.756	7.737	14.031	18.517	30.684
Brasil	60	115	15	9	10
<b>Mundo</b>	<b>1.352.075</b>	<b>1.483.496</b>	<b>1.741.185</b>	<b>1.766.305</b>	<b>1.866.776</b>

Fonte: FAO (2013).

## Importação

A globalização produz efeitos importantes na economia de um país. A participação dos agentes no fluxo de compra e venda obriga as cadeias agroalimentares a estar atentas às inovações ditadas pelos países mais adiantados. É dessa forma que países grandes produtores e exportadores também importam a fruta, resultado de negociações globais que fortalecem suas economias. O ritmo das importações tem crescido (Tabela 7). Em 2010, o volume de importações movimentou 719.694 t, o que corresponde a um acréscimo de 2,38% em relação ao ano anterior.

O Canadá destaca-se como grande importador de morango. Em 2010, importou 15,45% do volume total importado pelos dez principais países importadores. A Alemanha e a França também têm sido tradicionais importadores da fruta. Os Estados Unidos – maior

produtor e segundo maior exportador – são o quarto maior importador, o que confirma a importância desse país no contexto global dos mercados. O Brasil apareceu, em 2010, na 65ª posição entre os países importadores de morango (Tabela 7).

**Tabela 7.** Importação de morango no período de 2006 a 2010.

País	Importação (t)				
	2006	2007	2008	2009	2010
Canadá	84.731	87.317	91.460	103.073	111.168
Alemanha	90.835	81.102	84.703	103.673	98.445
França	117.219	109.328	104.921	106.831	93.086
Estados Unidos	69.592	71.518	64.867	84.890	89.955
Reino Unido	47.823	66.589	44.894	39.254	38.057
Itália	38.396	32.008	37.007	33.674	36.953
Rússia	18.766	22.630	28.493	31.548	36.024
Holanda	20.646	25.352	18.568	22.005	30.215
Bélgica	28.770	28.887	28.109	28.920	26.269
Áustria	20.355	17.425	17.386	19.853	17.339
Brasil	0	6	13	8	97
<b>Mundo</b>	<b>655.267</b>	<b>665.154</b>	<b>646.085</b>	<b>702.996</b>	<b>719.694</b>

Fonte: FAO (2013).

## Valor das importações

As transações de morango no mercado internacional movimentaram, em 2010, mais de US\$ 1,9 bilhão, o que comprova a importância da fruta para a economia dos países produtores. A valorização das importações manteve o ritmo de crescimento no período de 2006 a 2010 (Tabela 8). Os grandes mercados importadores – Canadá, Alemanha, Estados Unidos, França e Reino Unido –, juntos, movimentaram mais de US\$ 1 bilhão, o que significa mais de 54% do volume total transacionado entre os dez principais importadores. Em 2010, o Brasil pagou US\$ 759 mil pelas importações de morango no mercado externo, fato que contribuiu, de certa forma, com o aumento das contas externas do País.

O processo de abertura dos mercados tem sido benéfico para os países com tradição no cultivo de frutas, pois, além de valorizá-las, promove constantes inovações para que

os países produtores se mantenham ativos no grupo seletivo de beneficiários. O Brasil tem potencial para figurar nesse grupo, mas precisa acelerar o processo de desenvolvimento da cultura a montante e a jusante da cadeia produtiva.

**Tabela 8.** Valor das importações de morango no período de 2006 a 2010.

País	Valor das importações (US\$ 1.000)				
	2006	2007	2008	2009	2010
Canadá	198.631	219.634	240.248	265.832	293.972
Alemanha	186.750	202.497	249.056	256.658	246.950
Estados Unidos	134.476	137.276	122.327	158.239	225.506
França	221.130	255.294	280.480	254.166	223.877
Reino Unido	168.959	185.462	193.315	158.494	146.087
Rússia	25.579	44.533	55.565	65.138	92.452
Itália	69.490	78.251	97.958	86.211	92.052
Holanda	34.376	46.797	60.509	91.469	91.095
Bélgica	66.758	81.177	92.303	95.890	82.697
Suíça	37.034	37.586	52.518	46.767	54.061
Brasil	0	15	56	49	759
<b>Mundo</b>	<b>1.440.708</b>	<b>1.627.762</b>	<b>1.844.399</b>	<b>1.850.141</b>	<b>1.984.599</b>

Fonte: FAO (2013).

## Produção de morango na América do Sul

A cultura do morangueiro tem importância econômica consolidada nos continentes americano, europeu e asiático. Na América do Sul, está em crescimento, com boas perspectivas de aproximação, em quantidade e qualidade, dos grandes produtores mundiais.

Segundo a FAO (2013), a produção média de morango no continente sul-americano, em 2011, foi de apenas 152.589 t. A produção dos Estados Unidos é superior a essa quantidade em mais de 311%. A Turquia, que é o terceiro maior produtor de morango, produz quase a mesma quantidade que os dez países sul-americanos produzem juntos. Sabe-se, porém, que o continente sul-americano apresenta condições naturais muito mais satisfatórias de cultivo da fruta do que os demais continentes.

A área média total explorada com morango na América Latina é de 7.913 ha. Os três maiores produtores são Colômbia, Chile e Peru. A Colômbia, além de ter alcançado a maior produção, também obteve a maior produtividade, com 39,70 t ha<sup>-1</sup>. O Brasil, que produziu, em 2010, 3.016 t, ocupa a sétima posição, à frente apenas do Paraguai, do Equador e da Bolívia. Na Tabela 9, estão relacionados os países sul-americanos produtores de morango com as respectivas áreas de cultivo, produção e produtividade.

**Tabela 9.** Países sul-americanos produtores de morango em 2011.

País	Área (ha)	Produção (t)	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )
Argentina	957	12.526	13,08
Bolívia	243	1.046	4,30
Brasil	376	3.016	8,02
Chile	1.671	44.213	26,45
Colômbia	1.134	45.023	39,70
Equador	146	1.859	12,73
Paraguai	214	2.050	9,57
Peru	1.225	24.169	19,72
Uruguai <sup>(1)</sup>	107	3.584	33,40
Venezuela	1.840	15.103	8,20
<b>Total</b>	<b>7.913</b>	<b>152.589</b>	-

<sup>(1)</sup>Dados de 2008.

Fonte: FAO (2013).

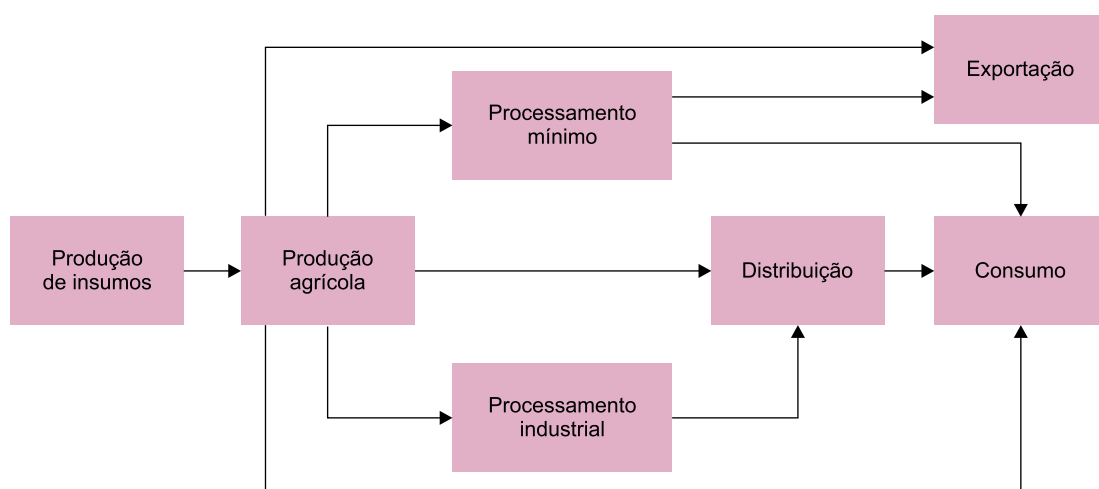
## Cadeia produtiva do morango no Brasil

A cadeia produtiva do morango está organizada conforme o esquema da Figura 1. A cadeia produtiva do morango engloba, a montante, vários produtores de insumos, como os laboratórios que produzem as matrizes, os viveiristas que fornecem as mudas e os comerciantes de lonas de plástico, arames, túneis de plástico, fertilizantes, defensivos e embalagens. A jusante estão as agroindústrias de processamento, os atacadistas, os varejistas e os exportadores.

Uma das características marcantes da cadeia produtiva do morango é a exigência de mão de obra em cada uma de suas etapas, principalmente na colheita, o que condiciona os



produtores a definir antecipadamente o tamanho das áreas a serem exploradas. O cultivo do morango é, portanto, uma atividade com grande capacidade de geração de emprego e renda nas regiões que dispõem de poucas alternativas econômicas para a manutenção das famílias no meio rural. No Brasil, predominam as pequenas áreas em estabelecimentos tipicamente de base familiar, com a participação da mão de obra disponível, complementada por contratos eventuais nos períodos de maior exigência.



**Figura 1.** Cadeia produtiva do morango.

O principal destino da fruta para as pequenas explorações tem sido o mercado interno in natura. Os morangos são acondicionados em pequenas bandejas, que são preparadas, em geral, no próprio estabelecimento produtor.

Por ser uma fruta apreciada no mundo inteiro, o mercado internacional do morango é uma boa opção para os produtores brasileiros. Mantido o ritmo atual de crescimento da cultura com a entrada de novos produtores em novas áreas com potencial para a produção, e com a introdução de alta tecnologia em grande escala, cogita-se que o Brasil possa figurar, em futuro próximo, entre os maiores produtores.

## Cultivo de morango em ambiente protegido

Nos estabelecimentos produtores de morango, são praticados três sistemas de cultivo: 1) o convencional (geralmente cultivado a céu aberto), no qual os canteiros são

cobertos com lonas de plástico ou material orgânico (capim, palha ou outros produtos equivalentes), com o objetivo de proteger o solo dos efeitos da chuva ou mesmo manter os frutos limpos; 2) o orgânico; e 3) o hidropônico.

Esses três sistemas podem ser adotados tanto a céu aberto quanto em ambiente protegido por telado. O cultivo de morango em ambiente protegido por telado, quando comparado ao sistema convencional a céu aberto, apresenta resultados positivos sob os aspectos econômicos, sociais e ambientais. Do ponto de vista econômico, enquanto a produtividade do sistema convencional a céu aberto foi de 30 t ha<sup>-1</sup>, a produtividade em ambiente protegido alcançou 46,7 t ha<sup>-1</sup>, e o ganho foi de R\$ 41.749,70 por hectare. Em relação ao ponto de vista social, o índice de impacto social do sistema em ambiente protegido foi igual a seis, que pode ser considerado moderado, quando inserido numa escala de -15 a +15, mas indica que o sistema impacta positivamente as relações sociais no campo. A avaliação de impactos ambientais da produção de morango em ambiente protegido apresentou o índice de impacto ambiental igual a 4,89, que, mesmo considerado baixo numa escala máxima admitida pelo método de 15, é positivo, o que significa a contribuição da tecnologia para a conservação ambiental (MADAIL et al., 2010).

Atualmente, vêm sendo desenvolvidas pesquisas sobre um novo sistema de cultivo de morango, denominado Sistema de Produção Integrada, que é baseado em procedimentos racionais na utilização de insumos químicos, visando à sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

## Coeficientes técnicos e custo de produção do morango

Os coeficientes técnicos de produção são valores que expressam uma relação física entre a quantidade de insumos gasta para produzir certa quantidade de morangos. No cálculo dos coeficientes técnicos, tanto para os insumos quanto para a produção, são quantificados considerando o período de uma safra. No caso do morango, essa se estende por até 6 meses, que é o tempo normalmente considerado para analisar os resultados técnicos e econômicos.

A Tabela 10 apresenta os coeficientes técnicos do sistema de produção de morango predominante no Rio Grande do Sul, no ano de 2010, com predomínio do cultivo convencional no campo.

**Tabela 10.** Custo de produção (R\$) do morango por hectare em espaçamento 3 m x 1 m (40 mil mudas por hectare) e produtividade de 30.000 kg ha<sup>-1</sup>. Valores de 2010.

Descrição	Especificação	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor (R\$)
<b>Operações (A)</b>				
Aração	HM Tp 65 cv. 4 x 2 + arado disco 5 x 28"	47,20	3,00	141,60
Gradagem	HM Tp 65 cv. 4 x 2 + grade niveladora 1 6 x 26"	49,35	1,00	49,35
Subsolagem	HM Tp 65 cv. 4 x 2 + subsolador cinco hastes	49,42	1,00	49,42
Calagem	HM Tp 65 cv. 4 x 2 + distribuidor de calcário 2,3 m <sup>3</sup>	53,15	1,00	53,15
Adubação básica	HM Tp 65 cv. 4 x 2 = distribuidor de adubo	53,15	1,00	53,15
Aplicação de esterco	HM Tp 65 cv. 4 x 2 = carreta 6.000 L	46,11	6,00	276,66
Preparo de canteiros	HM Tp 65 cv. 4 x 2 = roto – encanteirador	49,20	6,00	295,20
Implantação	Homem-dia	32,20	18,00	579,60
Tratos culturais	Homem-dia	32,20	15,00	483,00
Colheita e classificação	Homem-dia	32,20	160,00	5.152,00
<b>Subtotal A</b>				<b>7.133,13</b>
<b>Insumos (B)</b>				
Mudas	R\$/milheiro	650,00	40,00	26.000,00
Plástico de polietileno ( <i>mulching</i> )	R\$/bobina (500 m)	242,53	13,00	3.152,89
Plástico transparente	R\$/bobina (500 m)	1.512,00	13,00	19.656,00
Arcos	R\$/unidade	3,70	1.625,00	6.012,50
Estacas de madeira	R\$/m <sup>3</sup>	41,90	6,00	251,42
Fita de gotejo	R\$/m	0,29	6.500,00	1.885,00
Conector inicial	R\$/unidade	0,80	80,00	64,00
Mangueira 1"	R\$/m	0,33	80,00	26,40

Continua...

**Tabela 10.** Continuação.

Descrição	Especificação	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor (R\$)
Calcário dolomítico	R\$/t	65,00	2,00	130,00
Esterco de suíno	R\$/carga 8.000 L	42,27	6,00	253,62
Superfosfato triplo	R\$/saco 50 kg	800,00	5,00	4.000,00
Bórax	R\$/saco 40 kg	112,00	1,00	112,00
Sulfato de zinco	R\$/saco 25 kg	37,00	2,00	74,00
Fertilizante Fosmag 527	R\$/t	33,48	30,00	1.004,40
Fertilizante para fertirrigação	R\$/t	65,00	4,00	260,00
Fertilizante foliar	R\$/L	4,00	40,00	160,00
Fungicida	R\$/kg	87,32	3,25	283,79
Inseticida	R\$/L	34,94	1,53	53,45
<b>Subtotal B</b>				<b>63.379,47</b>
<b>Administração (C)</b>				
Assistência técnica	R\$/ha	306,00	1,00	306,00
Contabilidade/Vendas	R\$/ha	612,00	1,00	612,00
Transporte	R\$/ha	3.000,00	1,00	3.000,00
Refrigeração	R\$/ha	1.500,00	1,00	1.500,00
Luz/Telefone	R\$/ha	612,00	1,00	612,00
Impostos	% receita	2,3%	1,00	2.760,00
<b>Subtotal C</b>				<b>8.790,00</b>
Custo total (R\$/ha) (A + B + C)				79.302,60
Receita (R\$/ha)				120.000,00
Resultado (R\$/ha)				40.697,40
Margem sobre a venda				33,91%
Região de referência				Rio Grande do Sul

HM = hora-máquina; V.U. = valor unitário; Tp = trator de pneus. Valores atualizados em agosto de 2010, em valores nominais. Na ocasião, o dólar médio americano estava cotado em R\$ 1,7600.

Fonte: Morango... (2010).

## Referências

FAO. **FAOSTAT**: production: crops. 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 15 jun. 2013.

MORANGO: custo de produção de morango e volume, preços, importação de morango, balanço mundial de morango. In: AGRIANUAL 2010: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2010. p. 428-429.

MADAIL, J. C. M.; BELARMINO, L. C.; BINI, D. A. **Avaliação de impactos econômicos, sociais e ambientais de sistema de produção de morango orgânico em Pelotas, RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 12 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado técnico, 262).

VENDRUSCOLO, J. L. S.; VENDRUSCOLO, C. T. Conservação de morango para a elaboração de produtos industrializados. In: PEREIRA, D. P.; BANDEIRA, D. L.; QUINCOZES, E. da R. F. (Ed.). **Sistema de produção de morango**. [Pelotas]: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Embrapa Clima Temperado. Sistema de Produção, 5). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap14.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2013.



CAPÍTULO

# 2

## Origem e botânica

Gerson Kleinick Vignolo  
Luciano Picolotto  
Michel Aldrighi Gonçalves  
Carine Cocco  
Luis Eduardo Correa Antunes





## Origem

Há indícios de que morangos silvestres, principalmente *Fragaria vesca* L., foram consumidos na Pré-História pelos povos do centro e do norte da Europa, uma vez que existem registros de sementes em sítios arqueológicos, datados do Neolítico (10.000 a 6.000 a.C.) e da Idade dos Metais (5.000 a 4.000 a.C.). No século 1º, os romanos já cultivavam *F. vesca*, também conhecido como morango alpino. Existem referências ao uso medicinal das suas folhas, na Europa, no século 13. O cultivo de morango alpino em áreas mais extensas começou no século 14 e foi a principal espécie comercializada até o século 19. Durante o século 16, tornou-se uma planta comum em jardins e hortas, utilizada como ornamental e também para consumo de frutos. Os europeus cultivavam tanto as plantas com frutos brancos quanto as com frutos vermelhos (GALLETA; BRINGHURST, 1990).

O morango cultivado atualmente (*Fragaria x ananassa*) originou-se na Europa, da hibridização entre as espécies americanas *F. chiloensis* Mill. e *F. virginiana* Duch. A hibridização entre essas duas espécies não ocorreu nas Américas em virtude do isolamento geográfico, mas se deu na França, por volta de 1750, pois essas espécies eram cultivadas lado a lado (VAUGHAN; GEISSLER, 1997). As plantas oriundas desse cruzamento produziam frutos de excepcional tamanho, com polpa de coloração vermelha, diferente da polpa branca de *F. chiloensis* (JONES, 1995).

Esse cruzamento, que deu origem ao morango cultivado atualmente, só foi possível graças a um fato histórico. O capitão francês Amédée François Frézier, enquanto mapeava e espionava o controle espanhol ao longo da costa do Peru e do Chile, entre 1712 e 1714, ficou impressionado com os morangos chilenos cultivados em Concepción, e levou-os para a França. Frézier chegou a Marselha com cinco plantas de morango. Duas dessas foram dadas para o controlador de cargas do navio, que tinha autorizado o fornecimento de água para as plantas permanecerem vivas durante os 6 meses da viagem. Das três plantas restantes, Frézier ficou com apenas uma, tendo doado outra ao botânico Antoine Jussieu, para que a plantasse em Paris, e ainda outra para o seu superior em Brest, Peletier de Souzy. De Paris, o morango-chileno foi distribuído para jardins botânicos e quintais da Holanda, da Inglaterra, da Bélgica e da Alemanha. As mudas eram vigorosas, mas não produziam frutos. O que Frézier não sabia é que esta espécie de morango (*F. chiloensis*) era dioica, e que todas as cinco plantas trazidas por ele eram femininas (GALLETA; BRINGHURST, 1990; HANCOCK et al., 1999). Em Brest, na França, especialmente perto da comunidade de Plougastel, os produtores aprenderam que poderiam produzir frutos se fizessem plantio intercalado de

*F. chiloensis* com o morango nativo da Europa (*F. moschata*), ou com *F. virginiana*, que já havia sido introduzida do Novo Mundo.

Hancock et al. (1999) fizeram um extenso relato da história antiga de *F. chiloensis*, conhecido como morango-chileno. A partir da América do Norte, a espécie *F. chiloensis* foi introduzida no Chile e no Havaí, pela ação das aves migratórias. Essa espécie foi utilizada há mais de mil anos pelos índios mapuches, no centro-sul do Chile, estabelecidos entre os rios Biobio e Tolten, e, mais ao norte, pela tribo dos picunches, estabelecida entre os rios Itata e Biobio. Os picunches usavam os frutos de morangueiro de diversas formas: frescos, secos, como suco fermentado ou como infusão medicinal contra indigestão, diarreia e hemorragia.

Já a *F. virginiana* era utilizada pelos índios americanos para dar sabor a pães e bebidas, existindo indicações de que, além de ser alvo de coleta, essa espécie também era cultivada no leste da América do Norte, tendo sido introduzida diversas vezes na França, na Inglaterra, na Holanda e na Suécia, no período de 1534 até 1857. No entanto, o primeiro registro claro de *F. virginiana* cultivada na Europa ocorreu em 1624. Em seguida, mudas do Jardim Botânico de Paris foram distribuídas na Bélgica, na Alemanha, na Suíça e na Itália.

## Botânica

### Planta

O morangueiro é uma angiosperma dicotiledônia pertencente à família Rosaceae. Essa grande e diversificada família inclui muitas espécies produtoras de frutos de estimado valor para o consumo humano, como maçãs, pêssegos, framboesas e amoras (GALLETTA; BRINGHRUST, 1990; JONES, 1995).

O morangueiro pertence à subfamília Rosoideae (DARROW, 1966; ESTADOS UNIDOS, 2006), sendo que as plantas das espécies pertencentes ao gênero *Fragaria* L. são muito variáveis, tanto do ponto de vista funcional quanto estrutural (QUEIROZ-VOLTAN et al., 1996). Por causa dessas variações, as espécies desse gênero são caracterizadas com base nas diferenças morfológicas da folha, da planta e do fruto (CONTI et al., 2002).

De uma forma geral, as plantas que compõem o gênero *Fragaria* são herbáceas, apesar de as raízes e os caules com mais de 1 ano lignificarem-se parcialmente (BRANZANTI,

1989). A altura varia de 15 cm a 30 cm, podendo ser rasteiras ou eretas, formando pequenas touceiras, que aumentam de tamanho à medida que a planta envelhece. É uma planta perene cultivada como planta anual, principalmente por questões sanitárias e fisiológicas (Figura 1) (RONQUE, 1998).

Foto: Gerson Kleinick Vignolo



**Figura 1.** Planta de morangueiro.

As espécies de morangueiro formam uma série poliploide, de diploides a octaploides, com número básico de cromossomos  $x = 7$ . A distribuição geográfica distinta de tetraploides, hexaploides e octaploides sugere que cada grupo tenha se originado independentemente. Estudos citológicos de híbridos interespecíficos e de poliploides naturais ou induzidos indicam ter havido pequenas diferenciações nos pares de cromossomos homólogos, em algumas das espécies, exceto em octaploides (JONES, 1995).

## Sistema radicular

As raízes do morangueiro podem atingir de 50 cm a 60 cm de profundidade e são constantemente renovadas (PIRES et al., 1999). Segundo Ronque (1998), aproximadamente 95% das raízes se localizam nos primeiros 22 cm de solo, havendo poucas que ultrapassam 30 cm.

O sistema radicular é formado por raízes longas, fasciculadas e fibrosas, originadas na coroa, e se dividem em primárias e secundárias (FILGUEIRA, 2003). As primárias são grandes e perenes, e têm a função de armazenar reservas, contribuindo também para a absorção de água e nutrientes. Já as secundárias são dispostas em camadas superpostas, ou seja, as raízes mais novas acima das mais velhas (Figura 2) (PIRES et al., 2000).

Foto: Gerson Kleinick Vignolo



**Figura 2.** Sistema radicular do morangueiro.

Existem estruturas de raízes perenes, originadas da coroa – cuja distribuição ao redor da planta é em espiral, e se desenvolvem na base de cada folha –, as quais são integradas com um sistema de radículas de vida curta (por alguns dias, no máximo semanas) chamadas alimentícias, numerosas e firmes, as quais sobrevivem pouco tempo e são substituídas rapidamente por outras. Essas estruturas radiculares surgem logo acima das velhas, sendo que o período mais intenso dos seus crescimento e desenvolvimento é depois da frutificação, prolongando-se por todo o outono (RONQUE, 1998).

As raízes do morangueiro renovam-se continuamente durante o seu ciclo, e esse processo de reposição radicular é de grande

importância para a sobrevivência da planta, podendo ser influenciado por vários fatores, como disponibilidade de água, aeração, patógenos de raízes ou translocação de fotoassimilados. Além de transportarem água e nutrientes e sustentarem a planta, as raízes servem como local de armazenamento de reservas de amido durante o período de dormência, no inverno. Em locais onde ocorre a dormência, o amido estocado é essencial para o crescimento e o florescimento na primavera (RONQUE, 1998).

## Caule

O caule é um rizoma estolhoso, cilíndrico e retorcido, com entrenós curtos, em cujas gemas terminais nascem as folhas compostas, os estolhos ou as inflorescências, dependendo de sua idade fisiológica, das condições de fotoperíodo e da temperatura. Esse agregado de rizomas curtos, contendo em cima uma roseta de folhas com um gomo foliar central, do qual se originam as ramificações, é conhecido por coroa, e confere ao morangueiro adulto o seu característico aspecto tufoso (Figura 3).



A parte interna da coroa é formada por células do parênquima que são vulneráveis a danos físicos ou ao frio intenso. Em uma plantação, é importante que todas as plantas desenvolvam uma boa quantidade de coroas laterais, pois já foi demonstrado que tais plantas são mais produtivas (RONQUE, 1998).



Foto: Gerson Kleinick Vignolo

## Folhas

**Figura 3.** Coroa do morangueiro.

As folhas variam em forma, espessura, textura e pilosidade, de acordo com a espécie. Folhas da *F. chiloensis* apresentam película mais grossa na superfície superior do que folhas da *F. virginiana*. Individualmente, vivem de 1 a 3 meses, a menos que morram antes, por motivo de moléstia (RONQUE, 1998).

As folhas do morangueiro são constituídas de um pecíolo longo e, geralmente, de três folíolos (Figura 4) (QUEIROZ-VOLTAN et al., 1996). Segundo esses autores, a coloração

do limbo varia de verde-clara a verde-escura, podendo apresentar-se de brilhante a opaco e de densamente piloso a glabro.

Os folíolos são dentados e apresentam um grande número de estômatos (de 300 a 400 estômatos por metro quadrado de folha). Uma planta com dez folhas em pleno verão pode transpirar até  $\frac{1}{2}$  L de água por dia. Os estômatos geralmente se fecham de forma automática quando uma murcha incipiente

Foto: Gerson Kleinick Vignolo



**Figura 4.** Folha de morangueiro.

ocorre por falta de água no solo, por danos nas raízes ou por condições atmosféricas adversas (BRANZANTI, 1989; RONQUE, 1998).

O número e a área total de folhas das plantas de morangueiro estão diretamente relacionados com a produção de frutos; assim, uma redução na área foliar, causada por patógenos ou condições/fatores ambientais adversos, tem efeito direto na produtividade (RONQUE, 1998).

## Estolões

Os estolões são estruturas muito flexíveis, que se desenvolvem em contato com o solo, permitindo que, a partir da roseta foliar existente em seus nós, cresçam raízes, dando origem a novas plantas independentes (Figura 5) (RONQUE, 1998).

Durante a fase vegetativa, a planta multiplica-se por meio dos estolões, que são estruturas longilíneas, dotadas de meristemas de crescimento nas extremidades, dando origem a novas plantas, que se formam em série. Cada nova planta emitirá outro estolão que, por

sua vez, dará origem a outra planta, e assim sucessivamente. Essas novas plantas dependem dos nutrientes e da água fornecida pela planta-matriz, até que seu próprio sistema radicular esteja suficientemente desenvolvido, a ponto de desempenhar tais funções, o que ocorre aproximadamente entre 10 e 15 dias após a emissão das folhas (GIMÉNEZ, 2008). O primeiro estolão geralmente dá origem a uma planta de maior desenvolvimento vegetativo e, supostamente, de maior produção (RONQUE, 1998).

Os estolhos desenvolvem-se de forma intensa após a frutificação e durante todo o verão. A retirada desses estolhos faz a planta crescer mais fechada, pois favorece a ramificação do caule. Para o produtor, não é interessante deixar os estolhos na planta,

sendo necessário seu arranquio. Essa prática favorece o aumento da superfície foliar e, conseqüentemente, melhora a fotossíntese, além de evitar um desgaste desnecessário de energia da planta (RONQUE, 1998).

Foto: Gerson Kleinick Vignolo



**Figura 5.** Emissão de estolões.



A produção de estolões começa, na maioria das cultivares, quando o comprimento do dia é maior que 12 horas e a temperatura está entre 22 °C e 24 °C. Em climas tropicais, está comprovado que as plantas são mais débeis, tendendo a produzir poucos estolões (RONQUE, 1998).

## Flores

Durante as transformações na planta, existem diferenças marcantes entre as fases de crescimento vegetativo e reprodutivo. No florescimento, ocorre a diferenciação do meristema vegetativo para o floral, originando os componentes da flor (pétalas, estames, pistilos, etc.), ao invés dos típicos órgãos vegetativos, como folhas, caule, estolhos (DUARTE FILHO et al., 1999).

O morangueiro possui flores, em geral hermafroditas. Em algumas cultivares, as flores podem ser unissexuais masculinas ou femininas (BRANZANTI, 1989; RONQUE, 1998). De acordo com Branzanti (1989), as flores possuem cálice normalmente pentâmero ou frequentemente composto por um número variável de sépalas (Figura 6). Os estames, em número superior a 20, estão localizados ao redor do receptáculo. Os estames possuem filamentos longos ou curtos, que podem apresentar anteras férteis ou estéreis. Os pistilos são numerosos (entre 200 e 400), têm ovário com um só óvulo e são dispostos em forma de espiral (BORTOLOZZO et al., 2007).

As flores do morangueiro estão agrupadas em inflorescências do tipo cimeira, ou seja, depois de aberta a primeira flor, os botões laterais vão se abrindo um a um, acompanhando o desenvolvimento da inflorescência (Figura 7). As inflorescências formam-se a partir das gemas existentes nas



Foto: Gerson Kleinick Vignolo

**Figura 6.** Flor do morangueiro.



Foto: Gerson Kleinick Vignolo

**Figura 7.** Inflorescência do tipo cimeira.

axilas das folhas. A primeira flor normalmente origina o primeiro fruto, em geral o mais desenvolvido de cada inflorescência (SILVA et al., 2007). Já foram descritas cultivares em que as últimas flores de cada cimeira são estéreis e não produzem fruto, mas, de um modo geral, as inflorescências possuem número variável de flores, atingindo muitas vezes grande quantidade delas (RONQUE, 1998).

A polinização é efetuada por insetos, como abelhas, vespas e moscas (polinização cruzada, feita por insetos, em torno de 80%). O pólen é viável por 48 horas, e a melhor polinização é realizada quando a umidade relativa está em torno de 80% e a temperatura é de aproximadamente 15 °C. Segundo Ronque (1998), alguns fatores são responsáveis pela polinização deficiente:

- Ausência ou insuficiência de agentes polinizadores (ventos ou insetos), como também temperaturas inferiores a 12 °C ou superiores a 30 °C, ou, então, geadas que queimem os estames.
- Esterilidade feminina parcial, genética ou acidental, que às vezes ocorre nas últimas flores de uma inflorescência.
- Insuficiência de pólen, ou falta de pólen viável, que pode ser devida a uma alteração nos estames, quer seja varietal nas primeiras flores, quer seja por problemas sanitários (oídio, *Botrytis*).
- Danos provocados por insetos, como tripses.

## Frutos

Os frutos, do tipo aquênio, são diminutos, amarelos ou avermelhados, duros e superficiais (RONQUE, 1998), normalmente confundidos com sementes. Os aquênios são os frutos verdadeiros (SILVA et al., 2007), oriundos da fecundação dos óvulos, os quais estimulam o engrossamento do receptáculo, o qual, uma vez transformado em carnoso, constitui um pseudofruto ou infrutescência (Figura 8) (BRANZANTI, 1989). O período da



Foto: Gerson Kleinick Vignolo

**Figura 8.** Infrutescência do morangueiro.

polinização até o fruto maduro pode transcorrer entre 20 e 50 dias, dependendo da cultivar, da temperatura ambiental e da viabilidade do pólen. O receptáculo floral hipertrofiado é doce, carnoso e suculento, de tamanho e contornos regulares e uniformes, de polpa firme e coloração vermelha, rica em materiais de reserva (BRANZANTI, 1989; RONQUE, 1998).

O desenvolvimento do pseudofruto depende da manutenção do balanço hormonal durante a maturação do aquênio. Qualquer interrupção desse balanço, fertilização incompleta ou morte dos aquênios por qualquer causa resultam em frutos malformados. Alguns autores afirmam que existe considerável quantidade de auxina livre nos aquênios, em contraste com os receptáculos, que não produzem tal substância (RONQUE, 1998).

## Referências

- BORTOLOZZO, A. R.; SANHUEZA, R. M. V.; MELO, G. W. B. de; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; BOTTON, M.; FREIRE, J. de M.; BRAGHINI, L. C.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F. F.; FERLA, N. J.; PINENT, S. M. J. **Produção de morangos no sistema semihidropônico**. 2. ed. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. 24 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, 62).
- BRAZANTI, E. C. **La fresa**. Madri: Mundi-Prensa, 1989.
- CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Comparação de caracteres morfológicos e agrônômicos com moleculares em morangueiros cultivados no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 419-423, 2002.
- DARROW, G. M. **Strawberry**: history, breeding and physiology. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1966. 447 p.
- DUARTE FILHO, J.; CUNHA, R. J. P.; ALVARENGA, D. A.; PEREIRA, G. E.; ANTUNES, L. E. C. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 30-35, 1999.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Agricultural Research Service. National Program Germplasm System. **Germplasm resources information network**. Beltsville, 2006. Base de dados. Disponível em: <<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/exsplist.pl>>. Acesso em: 12 ago. 2014.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Ed. UFV, 2003. 402 p.
- GALLETA, G. J.; BRINGHURST, R. S. Strawberry management. In: GALLETA, G. J.; HIMELRICK, D. G. (Ed.). **Small fruit crop management**. New Jersey: Prentice-Hall, 1990. p. 83-93.
- GIMÉNEZ, G. **Seleção e propagação de clones de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2008. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- HANCOCK, J. F.; LAVÍN, A.; RETAMALES, J. B. Our Southern strawberry heritage: *Fragaria chiloensis* of Chile. **Hortscience**, v. 34, n. 5, p. 814-816, 1999.
- JONES, J. K. Strawberry. In: SMARTT, J.; SIMMONDS, N. W. (Ed.). **Evolution of crop plants**. London: Longman, 1995. p. 412-417.
- PIRES, R. C. M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A.; AMBROSANO, G. M. B.; MINAMI, K. Profundidade efetiva do sistema radicular do morangueiro sob diferentes coberturas do solo e níveis de água. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 793-799, 2000.

PIRES, R. C. M.; PASSOS, F. A.; TANAKA, M. A. Irrigação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 52-58, 1999.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; PASSOS, F. A.; SANTOS, R. R. Caracterização botânica de cultivares de morangueiro. **Bragantia**, v. 55, n. 1, p. 29-44, 1996.

RONQUE, E. R. V. **A cultura do morangueiro**. Curitiba: Emater, 1998. 206 p.

SILVA, A. F.; DIAS, M. S. C.; MARO, L. A. C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 7-13, 2007.

VAUGHAN, J. G.; GEISSLER, C. A. **The new Oxford book of food plants**. New York: Oxford University, 1997. 237 p.

CAPÍTULO

3

## Crescimento e desenvolvimento

Michel Aldrighi Gonçalves  
Luciano Picolotto  
Carine Cocco  
Gerson Kleinick Vignolo  
Luis Eduardo Corrêa Antunes



## Introdução

O desenvolvimento de uma planta se dá por uma sequência de eventos distintos e ordenados. Os processos de crescimento, diferenciação e morfogênese operam de forma conjunta, produzindo um indivíduo adulto que poderá, então, florescer, produzir frutos com sementes, senescer e, eventualmente, morrer.

Este capítulo tem como propósito descrever, de uma forma simplificada e didática, o crescimento e o desenvolvimento do morangueiro e as interações desses eventos com o ambiente onde são cultivados.

## Crescimento e desenvolvimento

Para melhor compreender o crescimento e o desenvolvimento da planta de morangueiro, é preciso conhecer os aspectos fisiológicos e botânicos da planta, principalmente os relacionados com suas fases vegetativa e reprodutiva. Tais conhecimentos, além de sedimentarem o entendimento desses conceitos, também servem como ferramentas de suporte para a definição do momento adequado para a execução de práticas culturais necessárias à cultura.

Crescimento e desenvolvimento das plantas são fenômenos distintos, embora muitas vezes sejam considerados sinônimos. Crescimento é um termo quantitativo relacionado às alterações de tamanho e/ou massa. É medido pelo aumento de volume, de massa, de número de células e de quantidade de protoplastos, além de aumento em complexidade.

No morangueiro, assim como nas plantas em geral, o crescimento pode ser absoluto ou relativo, sendo o crescimento absoluto avaliado principalmente por aumento de tamanho ou de massa da planta. Já o crescimento relativo representa o crescimento por unidade de tempo, tomando como base um ponto comum (área inicial, massa inicial, comprimento inicial).

Desenvolvimento é um termo mais amplo do que crescimento. De forma simplificada, significa a soma dos processos de crescimento e diferenciação de uma planta. Ou seja, são as mudanças pelas quais uma planta passa ao longo de seu ciclo, desde a germinação de uma semente, passando pela maturação e pelo florescimento, até chegar à senescência. O desenvolvimento da planta do morangueiro corresponde às mudanças verificadas na



forma da planta ou em órgãos específicos, como ocorre durante as transições entre a fase vegetativa e a fase reprodutiva.

A planta de morangueiro passa por transformações entre as fases de desenvolvimento vegetativo – formação de biomassa, como folhas, caules e estolões – e desenvolvimento reprodutivo, que consistem na formação de componentes da flor, como pétalas, estames e pistilos (ANTUNES et al., 2006; MARTINS et al., 2009). No cultivo destinado à produção de frutos, pode-se considerar que o desenvolvimento vegetativo da planta inicia-se logo após o transplante da muda para o local definitivo, que é realizado entre os meses de fevereiro e junho, a depender da região. A constatação da fase vegetativa se dá com a atividade dos meristemas apicais das plantas, cuja atividade mitótica, seguida dos processos de elongação celular e diferenciação, determina os pontos de crescimento vegetativo (DUARTE FILHO et al., 1999). Já na fase reprodutiva, ocorre a diferenciação do meristema vegetativo para o floral, originando os componentes da flor (pétalas, estames e pistilo), em vez dos órgãos vegetativos (folhas, caule e estolhos).

## Crescimento e desenvolvimento radicular

O sistema radicular de uma planta de morangueiro é formado por raízes primárias, que surgem diretamente da base de cada folha próxima da superfície do solo. A distribuição do sistema radicular se dá ao redor da planta, em forma de espiral, em número aproximado de seis, sendo três em cada lado. Pode ainda ser formado por raízes fasciculadas ou secundárias, que são mais longas e desenvolvem-se lateralmente, em camadas sobrepostas, surgindo, assim, novas raízes sobre as mais velhas. As raízes secundárias têm um período de funcionalidade mais curto do que as raízes primárias (BRANZANTI, 1989; CAMARGO, 1973; MENDONÇA, 2011). De forma geral, as raízes do morangueiro exploram um volume de solo reduzido por causa da sua grande concentração na camada superficial do solo. As raízes secundárias são de grande importância graças à sua grande área total, sendo elas responsáveis pela absorção de água e sais minerais (MARTINS et al., 2009; PIRES et al., 2000).

As raízes primárias originadas diretamente da coroa são as maiores responsáveis pela ancoragem (fixação) do morangueiro no solo. Um fator que permite a exploração do solo com eficiência é a constante renovação do sistema radicular, concentrado geralmente nos primeiros 30 cm de solo.

O desenvolvimento das raízes do morangueiro é um processo complexo, afetado pela parte aérea, pela disponibilidade de fotossintatos e por características do solo, como compactação, umidade, aeração e fertilidade (MARTINS et al., 2009).

Durante o período em que as mudas de morangueiro permanecem no viveiro, as raízes primárias, juntamente com a coroa, têm a função de armazenar reservas na forma de carboidratos. Essas reservas vão proporcionar o crescimento inicial da planta logo após o transplante no local de cultivo definitivo, até que a planta emita novas raízes primárias e secundárias, que vão realizar a absorção de nutrientes. O acúmulo de reservas, além de facilitar o estabelecimento inicial da muda, ajuda a dar vigor à planta na fase vegetativa inicial e no florescimento da primavera.

Em viveiros tradicionais, as mudas são produzidas diretamente no solo, por meio do processo de estolamento da planta. Quando os estolões tocam no solo, há rápida emissão de raízes adventícias na base das gemas e das folhas, originando a formação de uma nova planta (SILVA et al., 2007). No sistema de produção de mudas fora do solo, o desenvolvimento dos primórdios radiculares dos nós férteis e a sua coloração são os principais indicadores do momento adequado de repicagem dos propágulos para os recipientes de enraizamento (COCCO et al., 2010).

De forma geral, o crescimento em comprimento das raízes secundárias tem início logo após o transplante das mudas no campo de produção (lavoura), em virtude da necessidade de nutrição que as plantas apresentam durante esse estágio. O período mais intenso de crescimento e desenvolvimento dessas raízes é verificado depois da frutificação, prolongando-se por todo o outono (RONQUE, 1998). A vida saudável do morangueiro, no que diz respeito às suas raízes, depende da contínua produção de novas raízes oriundas do caule e dos novos tecidos, de onde vão surgir novas raízes secundárias, formando a massa radicular da planta, assegurando, assim, a eficiência de absorção de nutrientes e de armazenamento de reservas (BRANZANTI, 1989; PIRES et al., 2000).

## Desenvolvimento vegetativo

### Caulinar

O caule é um rizoma estolhoso, também chamado de coroa, com entrenós curtos, cilíndricos e torcidos, em cujas gemas terminais surgem as folhas compostas. O crescimento

da coroa de plântulas de morangueiro pode apresentar diferenças quanto ao vigor, dependendo do método propagativo utilizado. A coroa de uma plântula originária de sementes (propagação sexuada) cresce lentamente; já as plantas originadas de estolões (propagação assexuada) têm um crescimento mais rápido (SILVA et al., 2007).

Durante o desenvolvimento da planta, são formadas novas folhas, em cujas axilas se originam as gemas, que podem dar origem a novas coroas, denominadas de coroas secundárias. A capacidade da planta de formar novas coroas, e assim aumentar sua capacidade de absorção de nutrientes e de produção, varia de acordo com a cultivar, o tipo de planta e o ambiente de cultivo (BUCCI et al., 2010).

O desenvolvimento de estolões restringe o crescimento da parte aérea da planta, podendo reduzir a formação de novas coroas secundárias, sendo, por isso, recomendada a poda dos estolões em área de produção de frutas (VILLAGRÁN et al., 2013). Algumas cultivares sensíveis a fotoperíodos longos não emitem estolões; sua propagação é realizada por divisão de coroas (BUCCI et al., 2010).

Os estolões são caules verdadeiros, modificados com tecidos especializados em conduzir água e nutrientes, sendo a propagação por estolões a forma utilizada no morangueiro. A formação da muda por meio de estolões advém do encontro de um nó fértil com um solo úmido. Assim, rapidamente são emitidas raízes adventícias na base das gemas e das folhas, e uma nova planta se forma (SILVA et al., 2007). O nó terminal do estolão tem uma escama e em seguida uma folha, cuja gema axilar rapidamente se desenvolve, originando um estolão secundário, que, por sua vez, repete o processo, formando cadeias em progressão geométrica, por meio da emissão de vários estolões secundários.

Os estolões desenvolvem-se de forma intensa, no mesmo período de maior crescimento das raízes, ou seja, após a frutificação e durante todo o verão (RONQUE, 1998). De forma geral, na maioria das variedades, a produção de estolões tem início quando o comprimento do dia é maior que 12 horas, e as temperaturas estão acima de 22 °C (FACHINELLO et al., 1994). As novas plantas formadas nos nós dependem da nutrição e da água fornecida pela planta-matriz, até o desenvolvimento do próprio sistema radicular, o qual ocorre aproximadamente 10 a 15 dias após a emissão das folhas (FRANQUEZ, 2008). Em plantios comerciais, é aconselhável a retirada dos estolões, já que eles são drenos de nutrientes, podendo influenciar negativamente a produção de frutos.

## Foliar

As folhas do morangueiro são formadas por três ou mais folíolos, e são inseridas em um pecíolo de comprimento variável. As folhas do morangueiro são ricas em estômatos, que permitem uma intensa transpiração. Em pleno verão, uma planta com aproximadamente dez folhas pode transpirar até 0,5 L de água por dia (BUCCI et al., 2010). Na base das folhas, podem ser encontradas também folhas modificadas, chamadas de estípulas. As novas folhas formam-se nos nós da coroa e têm uma disposição em espiral, para maximizar a exposição à luz (FRANQUEZ, 2008). O hábito vegetativo pode ser classificado em vertical ou prostrado, segundo a posição das folhas. Pode também ser classificado quanto ao vigor, sendo essa classificação baseada no número de folhas que uma planta apresenta e na sua capacidade de reposição de folhas.

O desenvolvimento das folhas e de toda a parte aérea durante o período vegetativo exerce forte influência sobre o número de gemas florais e, por conseguinte, sobre o número de frutos que virão a ser formados (BRANZANTI, 1989). Portanto, quanto maior o número de folhas no outono, maior a quantidade de inflorescências na primavera (DARROW, 1966; STRAND, 2008). Durante a fase vegetativa, além da emissão de estolões, há uma expansão da parte aérea da planta, e as mesmas condições favoráveis à produção de estolões – ou seja, fotoperíodo longo e elevadas temperaturas – também estimulam o surgimento e o crescimento de novas folhas na planta (FRANQUEZ, 2008). O crescimento das folhas ocorre numa faixa ampla de temperatura, desde próximo do ponto de congelamento, embora mais lento, até 35 °C (GALLETTA; BRINGHURST, 1990). Em regiões com condições climáticas limitantes à produção de morango, pode ser utilizado o cultivo protegido. A utilização do cultivo protegido, em estufas ou túneis baixos, pode ajudar a controlar as condições climáticas no seu interior, mantendo as plantas em sua zona de conforto vegetal (SINGH et al., 2012).

A planta do morangueiro renova constantemente suas folhas durante o seu ciclo, podendo ter velocidade variável, a depender da cultivar. De forma geral, pode-se estipular que a vida útil de uma folha de morangueiro é curta, sendo ela de aproximadamente 2 meses. Graças a essa característica, a planta de morangueiro apresenta produção e senescência de folhas concomitantes em boa parte do ciclo produtivo (ANTUNES et al., 2007a).

## Desenvolvimento propagativo

A propagação do morangueiro pode ser tanto por via sexuada quanto por via assexuada, dependendo da finalidade desejada. Nessa espécie, a produção de mudas via sexuada (sementes) é basicamente utilizada por programas de melhoramento, visando à obtenção de novas cultivares, não tendo importância para olericultores (FILGUEIRA, 1982; RONQUE, 1998; SILVA et al., 2007).

Os aquênios (sementes) completam o seu crescimento e atingem a sua capacidade de germinação vários dias antes da maturação do fruto. Não requerem um período de dormência, podendo germinar de imediato, dispensando, assim, qualquer tratamento para a quebra da dormência (SILVA et al., 2007).

Plantas originadas de sementes apresentam elevada heterogeneidade e crescimento lento quando comparadas com plantas obtidas por via assexuada. Esse é o principal motivo a inviabilizar a propagação comercial de mudas de morangueiros por esse método. Já mudas obtidas assexuadamente (estolões) apresentam as mesmas características da planta-matriz, por se tratarem de clones. Esse método é, aliás, a base da produção comercial de mudas no mundo (BUCCI et al., 2010; SILVA et al., 2007).

A muda comercial de morangueiro pode ser obtida por diferentes sistemas de produção, regulados por uma sequência de eventos, que são controlados principalmente pela temperatura e pelo fotoperíodo. Essa sequência tem início nas folhas, que indicam para a planta que as condições ambientais estão favoráveis à propagação. As gemas localizadas nas axilas das folhas iniciam a diferenciação, originando estolões. Essas estruturas, ao se desenvolverem, formam longas cadeias segmentadas por nós férteis e estéreis. Nos nós férteis, há uma rápida emissão de raízes quando em contato com o solo úmido, formando folhas, novas gemas axilares e uma coroa, que constituirão a nova planta. Os nós estéreis podem emitir novas ramificações do estolão, dando sequência à cadeia estolonífera.

Em geral, a estolonização é evidenciada durante o verão, na fase vegetativa da planta, logo após a fase de frutificação. Quando a planta não tem condições de frutificar, a capacidade de emitir estolões aumenta notavelmente, sendo tal período denominado de período propagativo da planta.

## Floração e frutificação

Os primeiros estudos sobre a fisiologia do florescimento do morangueiro iniciaram-se com Darrow e Waldo (1934), nos Estados Unidos, e com Eguchi, citado por Guttridge (1969), no Japão. Estudos relacionam o florescimento a estímulos proporcionados por fatores ambientais. Segundo Darrow (1966), os dois fatores ambientais mais importantes que controlam a passagem da fase vegetativa para a reprodutiva são a temperatura e o fotoperíodo.

A transformação dos organismos florais em gema reprodutiva se dá gradualmente, ao longo de diversos estádios, com alterações morfológicas do meristema apical, que passa de vegetativo para reprodutivo (NERI et al., 2010). Nesse desenvolvimento, as gemas dão origem aos componentes da flor, em vez dos típicos órgãos vegetativos, como folhas, caule, estolhos, etc. (DUARTE FILHO et al., 1999).

O florescimento e a frutificação do morangueiro caracterizam-se por uma série de processos fisiológicos, que são desencadeados em sequência. Os processos compreendem a indução, a iniciação, a diferenciação e a antese da flor (DUARTE FILHO et al., 1999; VERDIAL, 2004), e são caracterizados da seguinte forma:

- A indução ocorre nas folhas que, expostas a condições propícias, captam os sinais e transmitem ao meristema apical, levando à produção de um botão de flor (MCDANIEL, 1994).
- A iniciação da flor é caracterizada por mudanças físicas e químicas que ocorrem na gema, a partir de estímulos florais detectados pelas folhas.
- A diferenciação da flor é o desenvolvimento real dos órgãos florais das flores e da inflorescência dentro do botão.
- A antese é a fase final do processo de florescimento, quando os órgãos florais são expostos, possibilitando a polinização e, consequentemente, a fertilização (GUTTRIDGE, 1985).

A ocorrência da diferenciação e, por conseguinte, do florescimento é altamente dependente de um conjunto de fatores ambientais, hormonais e genéticos (DUARTE FILHO et al., 1999; VERDIAL, 2004). Na prática, a indução e a diferenciação são referidas como iniciação do botão floral, enquanto a antese é o surgimento visível do botão (GUTTRIDGE, 1985).

O escalonamento do desenvolvimento das inflorescências em uma planta repercute diretamente na maturação dos frutos e no escalonamento de colheita (NERI et al., 2010). Um fato bastante importante na reprodução do morangueiro é o amadurecimento dos órgãos reprodutores em momentos distintos, necessitando, assim, de fecundação cruzada (BRANZANTI, 1989). A flor do morangueiro apresenta um número elevado de pistilos, sendo importante uma eficiente polinização deles para que sejam obtidas frutas de qualidade. Quando as condições não são ideais para que ocorra uma boa polinização (baixas temperaturas, excessivo vigor da planta, pouco arejamento, ausência de insetos e baixa umidade, principalmente em cultivo protegido), uma parte dos pistilos pode não ser fecundada, dando origem a frutos deformados (BUCCI et al., 2010). Sendo assim, o controle desses fatores é condição para que sejam obtidos frutos com forma regular e de boa qualidade.

A polinização normalmente é efetuada por intermédio de insetos (polinização entomofílica 80%), como abelhas, besouros, vespas e moscas, podendo o vento ser considerado também um bom agente polinizador, graças ao pequeno tamanho do pólen. O pólen é viável por 48 horas, e os melhores resultados com a polinização são obtidos quando a umidade relativa do ar está em torno de 80% e a temperatura em aproximadamente 15 °C (RONQUE, 1998).

A elevada frequência de visitas realizadas pelas abelhas nas flores do morangueiro, assim como suas características morfológicas, faz das abelhas os principais agentes polinizadores da cultura do morangueiro. Se houver escassez ou inatividade desses agentes polinizadores durante o período de floração, poderá ocorrer malformação do fruto e, por consequência, queda da qualidade e da produção (ANTUNES et al., 2007b; SHOEMAKER, 1977). O rendimento máximo, aliado ao tamanho e à forma desejável do fruto, só ocorre em condições de polinização adequada. A polinização bem-sucedida é percebida com o crescimento do rudimento seminal, conhecido como estabelecimento do fruto (SILVA et al., 2007).

## Desenvolvimento do fruto

Depois de estabelecido, o fruto começa a crescer. O crescimento depende das auxinas produzidas nos aquênios em desenvolvimento. Uma sequência de controle hormonal se segue, resultando no alargamento do receptáculo. O endosperma pode contribuir com auxina durante o estágio inicial do crescimento do fruto, e o embrião em desenvolvimento pode ser a fonte principal de auxina durante os estádios seguintes (TAIZ; ZEIGER, 2004). A auxina produzida pelos embriões contidos em cada aquênio promove o desenvolvimento



do receptáculo da inflorescência do morangueiro, formando o pseudofruto (fruto) carnoso, denominado de morango (RAVEN et al., 2001). A interrupção no balanço hormonal, a fertilização incompleta ou a morte dos aquênios, por qualquer causa, resultam em frutos malformados.

O número de frutos por planta, assim como suas dimensões, varia entre as cultivares. A variação no número de frutos por planta ocorre principalmente por causa do comportamento reprodutivo (sensível ou insensível ao fotoperíodo), sendo que as cultivares insensíveis ao fotoperíodo normalmente produzem por um período maior do que as cultivares sensíveis. A variação nas dimensões dos frutos é motivada por diversos fatores, sendo eles genéticos, ambientais, nutricionais e fisiológicos. As variações entre os genótipos nas dimensões dos frutos são motivadas por diferenças no número e no tamanho dos aquênios férteis, principais responsáveis pelo crescimento do fruto.

A manutenção do tamanho do fruto durante o período produtivo é outra característica genética de relevante importância, podendo ser alterada por fatores climáticos e nutricionais, assim como pelo tipo de muda utilizada no cultivo. A posição do fruto na inflorescência também afeta o seu tamanho. Flores primárias normalmente originam frutos maiores do que flores secundárias e terciárias (NERI et al., 2010, 2012). Frutos primários apresentam uma taxa de crescimento mais rápida do que os demais frutos. Essa taxa de crescimento é maior em razão da existência de um sistema vascular mais curto e mais eficiente nos frutos primários.

O tempo de desenvolvimento de um fruto é fortemente influenciado pelas condições ambientais de cultivo e pelas características das cultivares. Em geral, o tempo entre a polinização e a maturação do fruto pode transcorrer entre 20 e 50 dias (RONQUE, 1998). Frutos invernais e outonais apresentam período de desenvolvimento mais prolongado do que frutos de primavera e verão.

A coloração do fruto está intimamente ligada à maturação, exceto em morangos brancos, que permanecem brancos mesmo quando maduros. A evolução da coloração da epiderme do fruto é verificada ao longo do processo de maturação, período em que ocorre uma redução acentuada das clorofilas e uma elevação da síntese de antocianinas que, gradativamente, alteram a coloração dos frutos, resultando em vermelho-intenso e cobertura total da epiderme ao final do processo de maturação. É possível verificar, no pico de maturação, diferenças na intensidade da cor vermelha entre os diferentes genótipos.

## Influência dos fatores ambientais

A cultura do morangueiro pode ser encontrada desde o nível do mar até 3.500 m de altitude, e sob temperaturas que variam de -10 °C até regiões tropicais. Sendo assim, é uma espécie que apresenta uma grande adaptabilidade. Apesar disso, os fatores ambientais exercem um papel fundamental no crescimento, no desenvolvimento e na produção de frutos (CAMARGO; PASSOS, 1993; DARROW, 1966; HANCOCK, 1999). A interação entre genótipo e ambiente provoca efeitos distintos nos fenótipos.

Vários fatores ambientais exercem influência no crescimento e no desenvolvimento do morangueiro, sendo a temperatura e o fotoperíodo os mais relevantes. A intensidade de radiação também é um fator de grande importância para o morangueiro. O incremento no nível de radiação normalmente resulta no aumento da massa seca da coroa, da raiz e das folhas, da fixação e do tamanho dos frutos, e também da formação e da massa seca dos estolões (LARSON, 1994; SERÇE; HANCOCK, 2005). Precipitação, nutrição e umidade do ar também são fatores que podem afetar o crescimento e o desenvolvimento do morangueiro.

A indução floral do morangueiro é um estágio do desenvolvimento da planta que é altamente influenciado por fatores ambientais. Entre os fatores que mais influenciam o florescimento estão o fotoperíodo, a temperatura e a interação entre eles (DUARTE FILHO et al., 1999; GUTTRIDGE, 1985; SILVA et al., 2007).

A produção de mudas de qualidade por meio de estolões, assim como a indução floral, depende diretamente de fatores ambientais, seja para induzir a planta a entrar na fase propagativa por meio de fotoperíodo e de temperaturas adequadas, seja para proporcionar qualidade às mudas; qualidade esta obtida pelo acúmulo necessário de horas de frio, pluviosidade e radiação solar adequada.

## Temperatura

A temperatura afeta o desenvolvimento vegetativo, a produção e a qualidade do morango, sendo o principal fator limitante dessa cultura (FILGUEIRA, 2003; COCCO, 2010). Segundo Martins et al. (2009), para que o florescimento seja abundante na cultura do morangueiro, é preciso que a planta supra as horas de frio necessárias para a indução floral, período que varia de acordo com a cultivar. Para Duarte Filho et al. (1999), a necessidade de frio pode ser suprida tanto antes (no viveiro ou pela conservação em câmaras frias) quanto

depois do plantio. O número de horas de frio necessárias para se obter um bom desempenho produtivo varia entre as cultivares. Ronque (1998) descreve que, de forma geral, as exigências vão de 380 horas a 700 horas acumuladas de temperaturas entre 2 °C e 7 °C.

Uma prova da influência da temperatura sobre o florescimento é o fato de que raramente a planta inicia o florescimento quando as temperaturas noturnas são superiores a 15 °C (DURNER et al., 1984; GUTTRIDGE, 1985; FILGUEIRA, 2000).

Já para a fase propagativa da cultura, a elevação constante da temperatura durante a transição da primavera para o verão proporciona um ambiente favorável ao início dessa fase, que se caracteriza pelo surgimento de estolões. Essa elevação constante da temperatura faz, porém, com que a planta permaneça na fase vegetativa, produzindo estolões continuamente, o que reduz a emissão de flores e, conseqüentemente, a produção de frutos. É o que acontece nas regiões próximas aos trópicos, onde as temperaturas são constantemente muito elevadas (DARNEL et al., 2003).

O ideal durante a fase de formação das mudas por estolões (viveiros) é a ocorrência de verões com temperaturas médias durante o dia entre 20 °C e 26 °C, e com temperaturas menores que 15 °C durante a noite (NERI et al., 2010). Essa variação interfere no teor de reserva de carboidratos nas raízes e no tamanho da coroa das plantas, influenciando, conseqüentemente, o desenvolvimento da planta (VERDIAL, 2004). Em geral, o morangueiro exige temperaturas amenas durante o dia e baixas durante a noite (DIAS et al., 2007). A faixa ótima de temperatura para que ocorra a diferenciação é de 14 °C a 18 °C (DURNER et al., 1984). A relação de temperatura diurna e noturna é importante para que ocorra uma indução floral de qualidade e uniforme. A faixa ótima de temperatura durante o dia e à noite para que ocorra a indução é de 18 °C/13 °C e 21 °C/16 °C, respectivamente (MANAKASEM; GOODWIN, 2001).

A faixa de temperatura para o crescimento das folhas e das coroas do morangueiro é ampla, desde próximo do ponto de congelamento, embora mais lento, até 35 °C (GALLETTA; BRINGHURST, 1990). Pode-se considerar 10 °C como o limite de temperatura para que ocorra o desenvolvimento normal da planta (VERDIER, 1987). A temperatura mínima do solo para o crescimento e o desenvolvimento do sistema radicular é de 7 °C a 8 °C, enquanto a temperatura ideal está na faixa de 13 °C a 14 °C (DARROW, 1966).

Temperaturas abaixo de 15 °C podem afetar negativamente o crescimento e a maturação dos frutos, enquanto temperaturas elevadas, principalmente na primavera e no verão, podem acelerar a maturação dos frutos, reduzindo seu tamanho e sua firmeza.

Além de influenciar as características físicas do fruto, a temperatura exerce também ação direta no sabor e no aroma. Em períodos de temperaturas elevadas, o fruto torna-se excessivamente ácido, pobre em sabor e em aroma. Por sua vez, com frio na madrugada, obtêm-se morangos com sabor e aroma intensos (DIAS et al., 2007; FILGUEIRA, 2003).

Para minimizar os efeitos negativos das baixas temperaturas sobre o desenvolvimento da planta, é comum a utilização de *mulching*, principalmente com polietileno, responsável pela elevação e pela manutenção da temperatura da camada superficial do solo. O crescimento da parte aérea das plantas pode ser incrementado por meio do cultivo protegido, em estufas ou em túneis baixos, que possibilite o controle das condições climáticas no seu interior, mantendo-as na zona de conforto vegetal (SINGH et al., 2012).

## Fotoperíodo

As plantas de morangueiro são afetadas pelo fotoperiodismo, que consiste na sensibilidade ou na reação da planta à variação de luminosidade e ao comprimento do dia e da noite (TAIZ; ZEIGER, 2004). O fotoperíodo atua na indução da diferenciação do meristema vegetativo para o floral, reciprocamente (ALMEIDA et al., 2009).

O comprimento do dia e a temperatura são os principais fatores de influência na diferenciação floral, sendo as folhas os destinatários principais do sinal externo que é transmitido ao meristema, onde ocorre a resposta ao florescimento (SALISBURY; ROSS, 1992; SERÇE; HANCOCK, 2005). A luz é absorvida pelo fitocromo (Phy) e pelo criptocromo (azul-claro) fotorreceptores, que promovem a expressão de genes que alteram o crescimento do meristema apical, de vegetativo para reprodutivo (AMASINO, 1996; TAIZ; ZEIGER, 2004).

O fotoperíodo pode afetar de forma decisiva o cultivo do morangueiro (DIAS et al., 2007). Em condições de fotoperíodo curto, há favorecimento à floração, em detrimento da inibição da produção de estolhos, independentemente da temperatura. Em dias longos (fotoperíodo longo), a resposta é inversa (FILGUEIRA, 2003; RIOS, 2007).

Atualmente, as variedades de morangueiro são divididas em três grandes grupos, a depender da resposta ao fotoperíodo: variedades de dias curtos, variedades de dias neutros e variedades de dias longos.

A indução floral das cultivares de dias curtos é favorecida por um fotoperíodo menor que 14 horas (DUARTE FILHO et al., 1999; VILLAGRÁN et al., 2013), embora se saiba

que há diferenças entre cultivares quanto a essa exigência (RONQUE, 1998). A maioria dos estudos de indução floral em cultivares de dias curtos aponta como ideais os intervalos de fotoperíodos de 8 horas a 12 horas, sendo variável o ponto ótimo entre as distintas variedades (GUTTRIDGE, 1985; ITO; SAITO, 1962; SONSTEBY; NES, 1998). Atualmente, grande parte das cultivares exploradas no País apresenta comportamento de dias curtos (sensíveis ao fotoperíodo), com necessidades distintas entre elas (RONQUE, 1998; SILVA et al., 2007). Cabe destacar que o florescimento e a propagação vegetativa são considerados processos antagônicos nas cultivares de dias curtos (GUTTRIDGE, 1969).

As cultivares de dias neutros florescem continuamente, independentemente do fotoperíodo, sendo denominadas cultivares insensíveis ao fotoperíodo (CALVETE et al., 2008; VILLAGRÁN et al., 2013). A indução floral nesse grupo é regulada basicamente pela temperatura. A diferenciação das gemas vegetativas para gemas floríferas ocorre sempre que a temperatura ambiente estiver abaixo de 28 °C (GUTTRIDGE, 1985), sendo que a temperatura do solo deve estar acima de 12 °C para ocorrer a diferenciação floral (VILLAGRÁN et al., 2013). O crescimento das cultivares classificadas como de dias neutros é interrompido somente no período de temperaturas frias, no final do outono ou início do inverno, a depender da região.

As cultivares de dias longos geralmente iniciam a emissão de flores quando o fotoperíodo é superior a 12 horas (DARROW, 1966), e frutificam desde a primavera até o outono, na maioria das regiões de clima temperado. Cultivares classificadas como de dias longos atualmente não apresentam importância comercial (ASSIS, 2004; WREGE et al., 2007).

O fotoperíodo ideal e o número de horas de exposição ao sol, para que ocorra a indução floral em cultivares de dias curtos, são variáveis, dependendo fortemente da genética da planta e da interação entre o fotoperíodo e a temperatura. Já para as variedades de dias neutros, a temperatura isoladamente é o principal regulador dessa fase.

## Interação temperatura x fotoperíodo

Em muitas cultivares, há uma forte interação entre fotoperíodo e temperatura, ou seja, a temperatura modifica as respostas fotoperiódicas (DARROW, 1966). A correlação entre fotoperíodo e temperatura determina a adaptação de uma cultivar a uma determinada localidade (CAMARGO; PASSOS, 1993). Cada cultivar apresenta uma resposta particular à interação temperatura-fotoperíodo, apresentando, assim, a sua curva de indução floral (TAYLOR, 2002).

A interação entre esses fatores é evidenciada na indução floral, em que, de forma geral, quanto maior for o comprimento do dia, menor será a temperatura necessária para que ocorra a indução floral. De uma forma prática, à medida que o inverno se aproxima, os dias tornam-se mais curtos e a temperatura declina, estimulando a floração e a frutificação. Já durante o verão, o fotoperíodo alonga-se e a temperatura eleva-se, favorecendo a emissão de estolhos, que determinam o fim do período produtivo (FILGUEIRA, 2003; HEIDE, 1977). De forma geral, a produção de estolões, na maioria das variedades, tem início quando o comprimento do dia é maior que 12 horas, e as temperaturas estão acima de 22 °C (FACHINELLO et al., 1994).

A temperatura condiciona a resposta do morangueiro ao fotoperíodo tanto em cultivares de dia curto quanto naquelas de dias neutros (COCCO, 2014). O florescimento é inibido por altas temperaturas em cultivares de dias curtos. Independentemente do fotoperíodo, temperaturas elevadas e constantes entre 28 °C e 30 °C inibem a indução floral em cultivares de dias curtos e de dias neutros (DURNER; POLING, 1998).

Atualmente, nas regiões de clima temperado do Sul do País, os produtores estão cultivando as lavouras de morangueiro por mais de um ciclo, tornando-se possível identificar, com mais clareza, a interação entre temperatura e fotoperíodo. Esses fenômenos interligados são responsáveis pelo período de dormência das plantas no inverno, sendo esse período de grande importância para um bom desenvolvimento da planta e, por consequência, para uma melhor produção, quando as condições se tornam favoráveis, no final do inverno e início de primavera.

## Dormência

A dormência está diretamente ligada ao acúmulo de reservas da planta. Durante a dormência, os carboidratos produzidos nas folhas são transportados para o pecíolo, a coroa e as raízes, e são armazenados principalmente na forma de amidos hidrolisados, formando carboidratos que fazem o ponto de congelamento do suco celular diminuir (TAYLOR, 2002). Essas reservas são utilizadas para o desenvolvimento da planta a partir do momento que as condições ambientais se tornem favoráveis (superação da dormência).

O morangueiro é uma planta de clima temperado que, em condições naturais de cultivo, perde suas folhas durante o inverno, entrando em repouso vegetativo (dormência) (VERDIAL, 2004). Nas condições naturais de cultivo em regiões com elevada latitude, as baixas temperaturas e o fotoperíodo curto no inverno fazem a planta entrar em dormência

(COCCO, 2010; DARNELL et al., 2003). A dormência do morangueiro inicia-se com a redução da atividade fisiológica da planta, em consequência da redução do fotoperíodo e da temperatura, até chegar a um estado de dormência ou semidormência, a depender da região.

Durante a fase de produção de mudas de morangueiro, é preciso expor as mudas a temperaturas abaixo de 10 °C, sendo essa exposição relacionada com o acúmulo de horas de frio, durante um período variável de tempo, para a superação da dormência das gemas e para a indução floral.

Os produtores de mudas de regiões que não apresentam condições climáticas naturais adequadas que permitam suprir as exigências em frio das mudas podem utilizar a técnica de vernalização artificial (GONÇALVES et al., 2012). Essa técnica é comum em países europeus e nos Estados Unidos, onde há extensas pesquisas sobre esse assunto (DURNER et al., 2002). No Brasil, existem poucos estudos sobre a vernalização de mudas de morangueiro e sua influência sobre a produção de frutos (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2009; VERDIAL et al., 2007).

O excessivo acúmulo de horas de frio durante o período de dormência favorece o desenvolvimento de estolões, folhas e coroas, enquanto plantas expostas a um número insuficiente de horas de frio podem apresentar queda no desenvolvimento vegetativo, antera e pólen de baixa qualidade, má formação de frutos, menor peso de frutos e menor rendimento produtivo na primavera (LIETEN, 2006). Algumas cultivares, porém, por possuírem baixo requerimento de frio, conseguem superar rapidamente a dormência ou até mesmo não apresentam dormência. Elas continuam seus crescimento e desenvolvimento, permitindo produções precoces no outono-inverno, em regiões temperadas (FRANQUEZ, 2008).

De forma geral, a dormência em plantas de morangueiro é de grande importância, pois esse período está diretamente relacionado com o crescimento e o desenvolvimento da planta no ciclo seguinte.

## Referências

ALMEIDA, I. R.; ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C.; STEINMETZ, S.; CARVALHO, F. L. C. **Potenciais regiões produtoras de morango durante a primavera e verão e riscos de ocorrência de geada na produção de inverno no Estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 5 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado técnico, 229).

AMASINO, R. M. Control of flowering time in plants. **Current Opinion in Genetics & Development**, v. 6, n. 4, p. 480-487, 1996.

ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J.; CALEGARIO, F. F.; COSTA, H.; REISSER JUNIOR, C. Produção integrada de morango (PIMo) no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 34-39, 2007a.

ANTUNES, O. T.; CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; NIENOW, A. A.; CECCHETTI, D.; RIVA, E.; MARAN, R. E. Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 94-99, 2007b.

ANTUNES, O. T.; CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; NIENOW, A. A.; MARIANI, F.; WESP, C. L. Floração, frutificação e maturação de frutos de morangueiro cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 426-430, 2006.

ASSIS, M. Produção de matrizes e mudas de morangueiro no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 45-50.

BRANZANTI, E. C. **La fresa**. Madri: Mundiprensa, 1989. 386 p.

BUCCI, A.; FAEDI, W.; BARUZZI, G. Botanica-origem evoluzione. In: FAEDI, W.; ANGELINI, R. (Ed.). **La fragola**. Bologna: Bayer CropScience: Ed. Script, 2010. p. 1-11.

CALVETE, E. O.; MARIANI, F.; WESP, C. L.; NIENOW, A. A.; CASTILHOS, T.; CECCHETTI, D. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 396-401, 2008.

CAMARGO, L. S. **Instruções para a cultura do morangueiro**. 6. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1973. 32 p.

CAMARGO, L. S.; PASSOS, F. A. Morango. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônômico**. Campinas: IAC, 1993. v. 1, p. 411-432.

COCCO, C. **Produção e qualidade de mudas e frutas de morangueiro no Brasil e na Itália**. 2014. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

COCCO, C. **Qualidade fisiológica das mudas na produção de frutas do morangueiro**. 2010. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

COCCO, C.; ANDRIOLO, J. L.; ERPEN, L.; CARDOSO, F. L.; CASAGRANDE, G. S. Development and fruit yield of strawberry plants as affected by crown diameter and plantlet growing period. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 7, p. 730-736, 2010.

DARNELL, R. L.; CANTLIFFE, D. J.; KIRSCHBAUM, D. S.; CHANDLER, C. K. The physiology of flowering in strawberry. **Horticultural Reviews**, v. 28, p. 325-349, 2003.

DARROW, G. M. **The strawberry**: history, breeding and physiology. New York: Holt, Rinehart and Wiston, 1966. 447 p.

DARROW, G. M.; WALDO, G. F. **Responses of strawberry varieties and species to the duration of the daily light period**. Washington, DC: USDA, 1934. 31 p. (Technical Bulletin, n. 453).

DIAS, M. S. C.; SILVA, J. J. C.; PACHECO, D. D.; RIOS, S. A.; LANZA, F. E. Produção de morangos em regiões não tradicionais. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 24-33, 2007.

DUARTE FILHO, J.; CUNHA, R. J. P.; ALVARENGA, D. A.; PEREIRA, G. E.; ANTUNES, L. E. C. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 30-35, 1999.

DURNER, E. F.; BARDEN, J. A.; HIMELRICK, D. G.; POLING, E. B. Photoperiod and temperature effects on flower and runner development in day-neutral, June-bearing and everbearing strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 109, p. 396-400, 1984.

DURNER, E. F.; POLING, E. B. Phytotron research investigations with conditioned 'Sweet Charlie' and 'Camarosa' plugs. **Acta Horticulturae**, v. 513, p. 403-408, 1998.



DURNER, E. F.; POLING, E. B.; MAAS, J. L. Recent advances in strawberry plug transplant technology. **HortTechnology**, v. 12, n. 4, p. 545-550, 2002.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: Ed. UFPEL, 1994. 179 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura**: cultura e comercialização de hortaliças. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. 357 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2003. 412 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Ed. UFV, 2000. 402 p.

FRANQUEZ, G. G. **Seleção e multiplicação de clones de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2008. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

GALLETTA, G. J.; BRINGHURST, R. S. Strawberry management. In: GALLETTA, G. J.; HIMELRICK, D. G. **Small fruit crop management**. New Jersey: Prentice Hall, 1990. p. 83-156.

GONÇALVES, M. A.; COCCO, C.; PICOLOTTO, L.; FERREIRA, L. V.; CARVALHO, S. F.; ANTUNES, L. E. C. Produção do morangueiro a partir de mudas com diferentes origens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: SBF, 2012. p. 3998-4002.

GUTTRIDGE, C. G. *Fragaria x ananassa*. In: HALEY, A. H. (Ed.). **CRC handbook of flowering**. Boca Raton: CRC Press, 1985. v. 3, p. 16-33.

GUTTRIDGE, C. G. *Fragaria*. In: EVANS, L. T. **The induction of flowering**. Melbourne: Mac Millan, 1969. p. 247-267.

HANCOCK, J. F. **Strawberries**. Wallingford: CABI, 1999. 237 p.

HEIDE, O. M. Photoperiod and temperature interactions in growth and flowering of strawberry. **Physiologia Plantarum**, v. 40, n. 40, p. 21-26, 1977.

ITO, H.; SAITO, T. Studies on the flower formation in the strawberry plants. I. Effects of temperature and photoperiod on the flower formation. **Tohoku Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 3, p. 191-203, 1962.

LARSON, K. D. Strawberry. In: SCHAFFER, B.; ANDERSON, P. C. **Handbook of environmental physiology of fruit crops**: 1. Temperature crops. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 271-297.

LIETEN, P. Chilling unit model for greenhouse production of strawberry cv. 'Elsanta'. **Acta Horticulturae**, v. 708, p. 381-388, 2006.

MANAKASEM, Y.; GOODWIN, P. B. Responses of dayneutral and Junebearing strawberries to temperature and daylength. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 76, n. 5, p. 629-635, 2001.

MARTINS, D. de S.; STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; SHWENGBER, S. E.; REISSER JUNIOR, C.; FURTADO, L. G. Fisiologia da produção de morangueiro. In: TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; REISSER JUNIOR, C.; ESTRELA, C. C. **Morangueiro irrigado aspectos técnicos e ambientais do cultivo**. Pelotas: Ed. UFPel, 2009. 163 p.

MCDANIEL, C. N. Photoperiodic induction, evocation and floral initiation. In: GREYSON, R. I. (Ed.). **The development of flowers**. Oxford: Oxford University Press, 1994. p. 25-43.

MENDONÇA, H. F. C. **Produção e qualidade de morangos em cultivo protegido consorciado com figueira**. 2011. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

NERI, D.; BARUZZI, G.; MASSETANI, F.; FAEDI, W. Strawberry production in forced and protected culture in Europe as a response to climate change. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 92, n. 6, p. 1021-1036, 2012.

NERI, D.; SANVINI, G.; MASSETANI, F. Arquitetura della pianta. In: FAEDI, W.; ANGELINI, R. **La fragola**. Bologna: Bayer CropScience, 2010. p. 142-151.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 91-95, 2009.

PIRES, R. C. M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A.; AMBROSANO, G. M. B.; MINAMI, K. Profundidade efetiva do sistema do sistema radicular do morangueiro sob diferentes coberturas do solo e níveis de água. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 793-799, 2000.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 654 p.

RIOS, S. de A. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 14-28, 2007.

RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro**: revisão prática. Curitiba: EMATER IPR, 1998. 206 p.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4th ed. Belmont: Wadsworth, 1992. 925 p.

SERÇE, S.; HANCOCK, J. F. The temperature and photoperiod regulation of flowering and runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. x ananassa*. **Scientia Horticulturae**, v. 103, n. 2, p. 167-177, 2005.

SHOEMAKER, J. S. **Small fruit culture**. Gainesville: University of Florida, 1977. 357 p.

SILVA, A. F.; DIAS, M. S. C.; MARO, L. A. C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 7-13, 2007.

SINGH, A.; PATEL, R. K.; DE, L. C.; PEREIRA, L. S. Performance of strawberry (*Fragaria x ananassa*) cultivars under sub-tropics of Meghalaya. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 78, p. 575-580, 2008.

SONSTEBY, A.; NES, A. Short days and temperature effects on growth and flowering in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Journal Horticultural Science & Biotechnology**, v. 73, n. 6, p. 730-736, 1998.

STRAND, L. L. Strawberry growth and development. In: FLINT, M. L. (Ed.). **Integrated pest management for strawberries**. 2nd ed. [Berkeley]: University of California, 2008. p. 5-10. (Statewide IPM Project 1994. Publication, 3351).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Sinauer, 2004. 477 p.

TAYLOR, D. R. The physiology of flowering strawberry. **Acta Horticulturae**, v. 567, n. 2, p. 245-251, 2002.

VERDIAL, M. F. **Frigoconservação e vernalização de mudas de morangueiro** (*Fragaria X ananassa* Duch.) produzidas em sistema de vasos suspensos. 2004. 71 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VERDIAL, M. F.; TESSARIOLI NETO, J.; MINAMI, K.; SCARPARE FILHO, J. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SCARPARE, F. V.; BARELA, J. F.; AGUILA, J. S. del; KLUGE, R. A. Vernalização em cinco cultivares de morangueiro. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 976-981, 2007.

VERDIER, M. **Cultivo del fresón en climas templados**. Provincial de Huelva: Caja Rural, 1987. 214 p.

VILLAGRÁN, V. D.; LAGARRAGA, M. D.; ZSCHAU, B. V. Variedades de frutilla. In: UNDURRAGA, P.; VARGAS, S. (Ed.). **Manual de frutilla**. Chillán: Centro Regional de Investigación Quilamapu, 2013. p. 21-30. (Boletín INIA, n. 262).

WREGE, M. S.; REISSER JÚNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; OLIVEIRA, R. P. de.; HERTER, F. G.; STEINMETZ, S.; GARRASTAZU, M. C.; MATZENAUER, R.; JOÃO, P. L.; SANTOS, A. M. dos. **Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 187).

CAPÍTULO

# 4

## Produção de matrizes

Leonardo Ferreira Dutra  
Natália Dias Gomes da Silva  
Lorena Pastorini Donini  
Liana Viviam Ferreira  
Daiane Peixoto Vargas  
Juliana Hey Coradin



## Introdução

A utilização de mudas de elevado padrão genético e fitossanitário é uma das principais etapas do sistema de produção de diversas frutíferas. Segundo Bisognin (2007), a produção de mudas com comprovada origem genética e adequados estados fisiológico e fitossanitário é fundamental para se obter elevada produtividade de frutos e com alta qualidade. Betti et al. (2000) consideram a muda um dos principais insumos do sistema de produção de morangueiro.

Durante vários anos, a principal forma de disseminação do morangueiro foi por meio da propagação vegetativa por estolões. Entretanto, esse tipo de propagação permite a transmissão de vírus entre gerações (DARROW, 1966; FULTON; MCGREW, 1970), os quais, por sua vez, causam redução de vigor das plantas e morte precoce das plântulas (PLAKIDAS, 1964). As viroses, na maioria das vezes, não provocam sintomas visuais, porém reduzem, consideravelmente, a produtividade e a qualidade dos frutos (SPIEGEL, 1998).

Com isso, algumas iniciativas foram adotadas para tentar resolver esse problema, tais como tratamento das plantas doadoras por meio de exposição a altas temperaturas, cultura de meristemas ou combinação desses dois métodos (ASSIS, 1978; BELKENGREN; MILLER, 1962; POSNETTE; CROPLEY, 1958).

## Cultura de meristemas

Os meristemas apicais são tecidos que têm a capacidade de permanecer em estado embrionário e que, depois de alterações morfogênicas, possuem a capacidade de diferenciarem-se em outros tecidos especializados, como raízes, caules e folhas (CLARK, 1997; CUTTER, 1978). O tamanho dos explantes é um dos principais fatores determinantes do sucesso do estabelecimento. Quanto menor for o explante, maiores serão as chances de se obter uma planta isenta de patógenos, mas menores serão as chances de estabelecimento. Recomenda-se empregar meristemas com tamanho aproximado de 0,2 mm (MURASHIGE, 1977).

A expressão “cultura de meristemas”, proposta por Hollings (1965), é aplicada ao cultivo in vitro de um explante constituído pelo domo apical e o primeiro par de primórdios foliares (ASSIS, 1978). Os primeiros estudos com cultura de meristemas foram feitos por Robbins (1922), White (1933) e Loo (1945). Estudos realizados com *Tropaelum majus* e

*Lupinus albus* evidenciaram que o domo apical e os três primórdios foliares mais jovens estão desconectados de vascularização (BALL, 1946). No Brasil, a Embrapa Clima Temperado foi pioneira no emprego dessa técnica no morangueiro e, desde 1978, vem aprimorando um protocolo para a produção de matrizes de morangueiro por meio de cultura de tecidos.

O objetivo principal da cultura de meristemas é produzir plantas isentas de vírus. Na cultura do morangueiro, essa técnica foi relatada por Belkengren e Miller (1962), Miller e Belkengren (1963), Vine (1968), Mori et al. (1969), Hilton et al. (1970), Adams (1972a, 1972b), Van Hoof (1974), Boxus (1974), Mullin et al. (1974, 1977), Lee e De Fossard (1975) e Assis (1978), demonstrando que as viroses da cultura não são transmitidas por meio da utilização desse método. A produção de plantas-matrizes in vitro, utilizada no Brasil desde o final da década de 1970, garante as qualidades fisiológica e fitossanitária do material vegetal (BETTI, 2000; FORTES, 2003). Em razão disso, segundo Fortes (2003), a produção de matrizes de morangueiro por meio de cultura de tecidos possibilitou que a produtividade fosse elevada de 3 t ha<sup>-1</sup> a 5 t ha<sup>-1</sup> para 18 t ha<sup>-1</sup> a 20 t ha<sup>-1</sup> na região Sul do Brasil.

## Situação das mudas matrizes de morangueiro no Brasil

Um dos pré-requisitos essenciais para obter frutas de morango de qualidade consiste em utilizar mudas de alta qualidade genética e sanitária, em local de baixa potencialidade de inóculos de fungos e bactérias. A manutenção da qualidade das mudas durante todo o processo de multiplicação depende da disponibilidade de tecnologias adequadas e de controle rigoroso (BISOGNIN, 2007).

A maior parte das mudas de morangueiro produzidas no Brasil provém de lavouras conduzidas no solo, em áreas contaminadas por pragas e doenças. Para Oliveira et al. (2006), a grande maioria das mudas de morangueiro produzidas no Brasil não atinge o padrão de certificação porque muitos viveiristas não utilizam as tecnologias disponíveis por falta de conhecimento. Outros, pelo elevado custo de implantação e condução do sistema de fiscalização/certificação. E ainda há aqueles que não o fazem porque não possuem registro como produtor de mudas. Além disso, Oliveira et al. (2004) condicionam a ausência de padrão das mudas plantadas no Brasil à diversidade de sua origem: a) mudas importadas, principalmente do Chile e da Argentina; b) mudas de viveiristas registrados no País; c) mudas oriundas de matrizes produzidas em laboratórios; e d) mudas produzidas

de material da lavoura. O emprego de sistemas sem solo com matrizes produzidas in vitro são as alternativas indicadas para a produção de mudas de alta qualidade (GIMÉNEZ et al., 2008; SANTOS; MEDEIROS, 2003).

No Brasil, a cultura do morangueiro é limitada tanto pela falta de cultivares adaptadas às condições de clima e solo, quanto pela baixa qualidade fisiológica e fitossanitária das mudas produzidas, obrigando os produtores a importar mudas do Chile e da Argentina. Como consequência, há atrasos no plantio das mudas, e a produção precoce fica prejudicada (SANTOS; MEDEIROS, 2003). As regiões do Chile e da Argentina onde as mudas são produzidas apresentam características favoráveis à produção de mudas com qualidade. No entanto, essas mudas apresentam custo elevado, pois requerem vistoria fitossanitária para evitar a entrada de novas doenças no território nacional (OLIVEIRA et al., 2006).

## Produção de mudas matrizes

Para produzir mudas-matrizes de morangueiro com qualidade e isentas de doenças, a primeira etapa consiste na produção de estolões em jardins clonais, de cada cultivar, para que, então, seja feito, em laboratório, o estabelecimento in vitro, a micropropagação e, posteriormente, a aclimatização (AUGUSTIN et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2004). O jardim clonal permite o controle rigoroso das características genéticas e deve ser instalado em casa de vegetação telada, para evitar a contaminação com viroses.

Na fase de produção de estolões devem ser feitas, sempre que necessário, aplicações de fungicidas e bactericidas registrados, para minimizar a infecção dos estolões com fungos e bactérias, antes da sua introdução no laboratório (OLIVEIRA et al., 2004).

Depois de instalado o jardim clonal, em casa de vegetação, a produção de mudas de morangueiro passa por mais quatro fases, descritas a seguir.

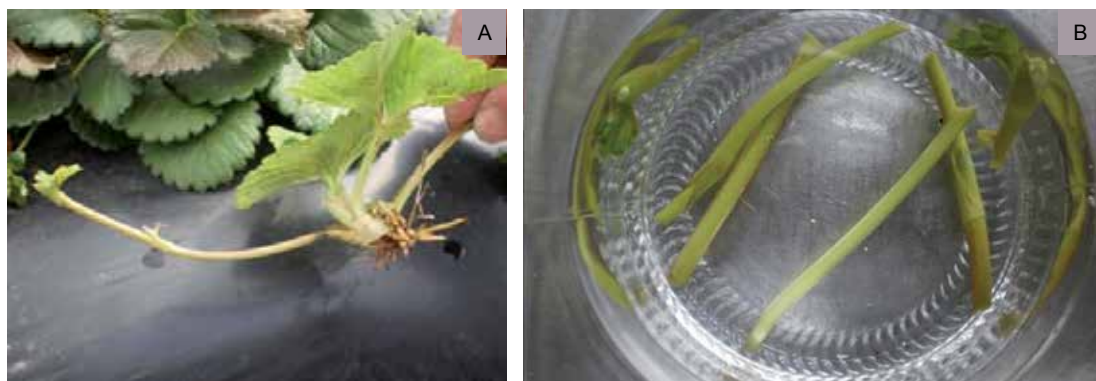
### Fase 1. Estabelecimento in vitro por meio da excisão de meristemas de plantas básicas mantidas em jardim clonal

Para a excisão de meristemas, faz-se a coleta de brotações das porções terminais com aproximadamente 5 cm. As folhas dessas brotações são retiradas (Figura 1A), e as brotações



são acondicionadas em recipiente com água destilada (Figura 1B). Em seguida, são levadas ao laboratório para que possam passar pelo processo de assepsia.

Fotos: Natália Dias Gomes da Silva



**Figura 1.** Coleta dos explantes oriundos da casa de vegetação, para excisão dos meristemas: porção terminal da brotação (A); imersão das brotações em água destilada (B).

Para fazer a assepsia, o material coletado é imerso primeiramente em álcool 70%, por 10 segundos; em seguida, o material é imerso, por 10 minutos, em solução de hipoclorito de sódio 1%, à qual são adicionadas três gotas de detergente comercial. Nas duas soluções, os explantes devem estar em constante agitação. Finalmente, os explantes são lavados em câmara de fluxo laminar, por três vezes, em água deionizada estéril, para que estejam aptos para a próxima etapa, que é a extração dos meristemas.

O explante utilizado na micropropagação do morangueiro é, em geral, o ápice caulinar. O meristema é excisado com o auxílio de pinça e bisturi, utilizando-se lupa estereoscópica; e é inoculado em tubos de ensaio contendo aproximadamente 10 mL de meio de cultura estéril. O meio de cultura que apresenta melhores resultados para o isolamento dos ápices de morangueiro é composto pelos sais e vitaminas do meio MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962), suplementado com: 1 mg L<sup>-1</sup> de BAP (6-benzilaminopurina); 0,01 mg L<sup>-1</sup> de ANA (ácido naftaleno acético); 0,1 mg L<sup>-1</sup> de GA3 (ácido giberélico); 30 g L<sup>-1</sup> de sacarose; e 7,5 g L<sup>-1</sup> de ágar, com pH ajustado em 6,2 antes da autoclavagem. Os meristemas têm um tamanho aproximado entre 0,1 mm e 0,3 mm (Figura 2).

As condições rotineiramente utilizadas para a incubação dos meristemas são: intensidade luminosa 45  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  a 55  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , temperatura 25 °C  $\pm$  3 °C e fotoperíodo de

16 horas. O tempo de desenvolvimento dos ápices caulinares até a primeira multiplicação é de aproximadamente 60 dias.

## Fase 2. Multiplicação dos explantes

Essa fase tem como objetivo obter um número de plantas suficiente para a propagação das mudas. Para isso, os explantes estabelecidos na etapa anterior são transferidos para frascos contendo aproximadamente 30 mL de meio de multiplicação, os quais contêm os sais do meio MS suplementados com  $1 \text{ mg L}^{-1}$  BAP,  $30 \text{ g L}^{-1}$  de sacarose e  $7,5 \text{ g L}^{-1}$  de ágar, com pH ajustado em 6,2 antes da autoclavagem.

Para essa transferência, os explantes devem apresentar tamanho entre 1 cm e 3 cm e conter duas ou três gemas (Figura 3). Devem ser mantidos em ambiente controlado por 30 dias. Recomenda-se ainda que sejam feitas, no máximo, cinco subculturas a cada 20 a 30 dias, em virtude do risco de ocorrência de variação somaclonal.



Foto: Natália Dias Gomes da Silva

**Figura 2.** Ápice meristemático utilizado para a produção de plantas isentas de viroses.



Fotos: Paulo Lanzetta

**Figura 3.** Passos da repicagem dos explantes de morangueiro: explantes desenvolvidos, tufo de brotações formados a partir de apenas um segmento (A); segmentação das brotações cultivadas in vitro (B).

## Fase 3. Enraizamento

Na terceira fase, a formação de raízes adventícias nas partes aéreas advindas da multiplicação é induzida (Figura 4). A existência de raízes bem desenvolvidas é que vai permitir a transferência do material para condições *ex vitro* (CALVETE et al., 2003).

O meio de cultura utilizado na etapa de enraizamento é o MS, suplementado com 0,005 mg L<sup>-1</sup> de BAP, 30 g L<sup>-1</sup> de sacarose e 7,5 g L<sup>-1</sup> de ágar. Embora a utilização do meio MS reduzido a 50% da sua concentração de sais proporcione altos percentuais de enraizamento, esse fator depende da sua interação com a cultivar (PEREIRA et al., 1999). O material deve ser mantido em ambiente controlado por mais 30 dias, quando, então, as plantas já devem ter atingido altura superior a 30 mm (OLIVEIRA et al., 2004).



Foto: Paulo Lanzetta

## Fase 4. Aclimatização

Essa etapa compreende a transferência das plantas das condições assépticas da cultura de tecidos para um ambiente externo, normalmente uma casa de vegetação, para crescerem e desenvolverem-se (Figura 5). Essa transferência deve ser feita sob condições controladas, para aumentar ao máximo a sobrevivência das plântulas (FORTES; PEREIRA, 2003).

**Figura 4.** Plantas retiradas de meio de cultura de enraizamento.

O sucesso da aclimatização vai depender do fato de as plântulas que cresceram em condições heterotróficas controladas em sala de cultivo conseguirem crescer em condições autotróficas no ambiente natural (ZIMMERMAN, 1988). A transferência das plantas do ambiente *in vitro* – que apresenta alta umidade relativa do ar, completa assepsia e condições controladas de iluminação, temperatura e fotoperíodo – para o ambiente *ex vitro* deve ser gradual. Isso é conseguido por meio da disposição, em túnel de plástico, das bandejas que contenham as plantas e o substrato, com luminosidade (uso de sombrite), temperatura (de 20 °C a 28 °C) e irrigação controladas, simulando a condição do laboratório. Em seguida, deve-se proceder à remoção gradual do plástico de cobertura, de forma a permitir que as plantas passem do estado heterotrófico, no qual dependiam de um suprimento externo

de energia (no caso, sacarose), para o estado autotrófico, em que se faz necessária a realização de fotossíntese para que possam sobreviver (GRATTAPAGLIA; MACHADO, 1990).

As plantas de morangueiro são de mais fácil aclimatização do que outras fruteiras. Por isso, deve-se obter uma porcentagem de sobrevivência maior do que 95% com a metodologia descrita por Pereira et al. (2005) e adaptada pelo laboratório de cultura de tecidos da Embrapa Clima Temperado.

Depois de concluído o processo de aclimatização, os propágulos são considerados plantas-matrizes, as quais estão aptas para a produção de mudas (BISOGNIN, 2007). A cada 2 anos, no máximo, deve ser reiniciado o processo de propagação por meio de cultura de tecidos, visando evitar o surgimento de variantes somaclonais, ou seja, a variabilidade gerada espontaneamente in vitro, ou a ocorrência de distúrbios fisiológicos de tecidos das plantas (RIO GRANDE DO SUL, 1998).

Na região Sul do Brasil, as mudas-matrizes provenientes da cultura in vitro são plantadas nos viveiros entre setembro e novembro, a depender da região, em distâncias de 1 m x 2 m ou 2 m x 2 m, utilizando de 2,5 mil a 4 mil matrizes por hectare. As mudas emitem estolões quando ocorrem as condições de fotoperíodo e/ou temperatura críticas para a cultivar – normalmente a partir do final de novembro, continuando durante o verão até março/abril do ano seguinte, a depender da região (OLIVEIRA et al., 2004).



Foto: Liana Viviam Ferreira

**Figura 5.** Aclimatização de mudas de morangueiro oriundas da cultura de tecidos vegetais.

## Referências

- ADAMS, A. N. An improved medium for strawberry meristem culture. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 47, p. 263-264, 1972a.
- ADAMS, A. N. Meristem culture an extra insurance against viruses. **The Grower**, n. 26, p. 525, 1972b.
- ASSIS, M. de. **Micropropagation of fruit crops with emphasis on strawberry**. Madison: University of Wisconsin, 1978. 80 p.

AUGUSTIN, L.; CALVETE, E. O.; GRANDO, M. F.; SUZIN, M. Micropropagação vegetal e sua importância econômica. In: BRAMMER, S. P.; IORCZESKI, E. (Ed.). **Atualização em técnicas celulares e moleculares aplicadas ao melhoramento genético vegetal**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. p. 135-153.

BALL, E. Development in sterile culture of stem tips and subjacent regions of *Tropaeolum majus* L. and *Lupinus albus* L. **American Journal of Botany**, v. 33, n. 5, p. 301-318, 1946.

BELKENGREN, R. O.; MILLER, P. W. Culture of apical meristems of *Fragaria vesca* strawberry plants as a method of excluding latent A virus. **Plant Disease Reporter**, v. 46, p. 119-121, 1962.

BETTI, J. A.; PASSOS, F. A.; TANAKA, M. A. S. Produção de mudas sadias de morangueiro. In: TRANI, P. E.; MACEDO, A. C. (Ed.). **Manejo integrado de pragas e doenças do morangueiro**. São Paulo: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 55-61.

BISOGNIN, D. A. Produção de plantas matrizes de morangueiro. In: SEMINÁRIO SOBRE O CULTIVO HIDRÔNICO DE MORANGUEIRO, 2007, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Ed. UFSM, 2007. p. 9-17.

BOXUS, P. H. The production of strawberry plants by in vitro micro-propagation. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 49, p. 209-210, 1974.

CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; CECCHETTI, D.; MARAN, R. E.; CARLI, W. de. Polinização entomófila de morangueiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Horticultura**, v. 21, n. 2, p. 281, jul. 2003. Suplemento I.

CLARK, S. E. Organ formation at the vegetative shoot meristem. **Plant Cell**, v. 9, n. 7, p. 1067-1076, July 1997.

CUTTER, E. G. **Plant anatomy**. 2nd ed. London: Wesley, 1978. 315 p.

DARROW, D. M. **The strawberry**: history, breeding, physiology. New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1966. 447 p.

FORTES, G. R. L. Produção de mudas básicas. In: SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. (Ed.). **Morango**: produção. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 31-34. (Frutas do Brasil, 40).

FORTES, G. R. L.; PEREIRA, J. E. S. Batata-semente pré-básica: cultura de tecidos. In: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 421-433.

FULTON, J. P.; MCGREW, J. R. Introduction. In: FRAZIER, N. W. (Ed.). **Virus diseases of small fruits and grapevine**. Berkeley: University of California-Division of Agricultural Sciences, 1970. p. 1-4.

GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J. L.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 273-279, 2008.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. (Ed.). **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1990. p. 99-167.

HILTON, R. E.; SMITH, S. H.; FRAZIER, N. W.; SCHLEGEL, D. E. Elimination of mild yellow edge virus from Fresno and J6 strawberry varieties by a combination of heat treatment and meristem-tip culture. **Strawberry News Bulletin**, v. 16, n. 6, p. 1-2, 1970.

HOLLINGS, M. Disease control through virus-free stock. **Annual Review of Phytopathology**, v. 3, p. 367-396, 1965.

LEE, E. C. M.; DE FOSSARD, R. A. Regeneration of strawberry plants from tissue cultures. **Proceedings International Plant Propagators Society**, v. 25, p. 277-285, 1975.

LOO, S.-W. Cultivation of excised stem tips of asparagus in vitro. **American Journal of Botany**, v. 32, n. 1, p. 13-17, 1945.

MILLER, P. W.; BELKENGREN, R. O. Elimination of yellow edge, crinkle, and veinbanding viruses and certain other virus complexes from strawberries by excision and culturing of apical meristems. **Plant Disease Reporter**, v. 47, n. 4, p. 298-300, 1963.

MORI, K.; HAMAYA, E.; SHIMONURA, T.; IKEGAMI, Y. Production of virus-free plants by means of meristem culture. **Journal Center Agricultural Experiment Station Japan**, v. 13, p. 45-110, 1969.

MULLIN, R. H.; FRAZIER, N. W.; SCHLEGEL, D. E. Meristem culture of *Fragaria chiloensis* infected with strawberry pallidosis. **Plant Disease Reporter**, v. 59, n. 3, p. 268, 1975.

MULLIN, R. H.; SMITH, S. H.; FRAZIER, N. W.; SCHLEGEL, D. E.; MCCALL, S. R. Meristem culture frees strawberries of mild yellow edge, pallidosis and mottle diseases. **Phytopathology**, v. 64, p. 1425-1429, 1974.

MURASHIGE, T. Manipulation of organ initiation in plant tissue culture. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v. 18, p. 1-24, 1977.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, n. 3, p. 473-497, 1962.

OLIVEIRA, R. P. de; SCIVITTARO, W. B.; WREGG, M. S.; UENO, B.; CASTRO, L. A. S. de. **Otimização da produção nacional de mudas de morangueiro**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 28 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 162).

OLIVEIRA, R. P.; NAKASU, B. H.; SCIVITTARO, W. B. Tecnologias para qualidade de mudas de morangueiro e amora-preta. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PEQUENAS FRUTAS, 2., 2004, Vacaria. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 39-47. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 44).

PEREIRA, D. P.; BANDEIRA, D. L.; QUINCOZES, E. R. F. (Ed.). **Produção de matrizes de morangueiro por meio de cultura de tecidos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Sistemas de Produção, 7). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MatrizesMorangueiro/cap06.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

PEREIRA, J. E. S.; BIANCHI, V. J.; DUTRA, L. F.; FORTES, G. R. L. Enraizamento in vitro de morangueiro (*Fragaria x avariana* Duchesne) em diferentes concentrações do meio MS. **Ciência Rural**, v. 29, n. 1, p. 17-20, 1999.

PLAKIDAS, A. G. **Strawberry diseases**. Baton Rouge: Louisiana State University Press, 1964. 195 p. (Studies Biol. Sci. Series, 5).

POSNETTE, A. F.; CROPLEY, R. Heat treatment for the inactivation of strawberry viruses. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 33, n. 4, p. 282-288, 1958.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Departamento de Produção Vegetal. Comissão Estadual de Sementes e Mudanças do Estado do Rio Grande do Sul. **Normas e padrões de produção de mudas de fruteiras para o Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1998. 100 p.

ROBBINS, W. J. Cultivation of excised root tips and stem tips under sterile conditions. **Botanical Gazette**, v. 73, n. 5, p. 376-390, 1922.

SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. (Ed.). **Morango: produção**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 81 p. (Frutas do Brasil, 40).

SPIEGEL, S. Virus certification of strawberries. In: HADIDI, A.; KHETARPAL, R. K.; KOGANEZAWA, H. (Ed.). **Plant virus disease control**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1998. p. 320-324.

VAN HOOFF, P. Méthode pratique de culture de méristèmes de fraisiers. **Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique**, v. 107, p. 5-8, 1974.

VINE, S. Improved culture of apical tissues for production of virus-free strawberries. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 43, p. 293-297, 1968.



WHITE, P. R. Plant tissue cultures: results of preliminary experiments on the culturing of isolated stem tips of *Stellaria media*. **Protoplasma**, v. 19, n. 1, p. 97-116, 1933.

ZIMMERMAN, R. H. Micropropagation of woody plants: post tissue culture aspects. **Acta Horticulturae**, n. 227, p. 489-499, 1988.



CAPÍTULO

# 5

## Produção de mudas

Carine Cocco  
Michel Aldrighi Gonçalves  
Gerson Kleinick Vignolo  
Luciano Picolotto  
Luis Eduardo Corrêa Antunes  
Ivan Rodrigues de Almeida



## Introdução

A muda é um dos principais insumos do sistema de produção de morango por estar diretamente relacionada com a produtividade e a qualidade da fruta produzida, sendo, portanto, o ponto de partida para a obtenção de uma melhor resposta às tecnologias empregadas no processo produtivo (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2006). Na cadeia produtiva do morangueiro, a produção de mudas é uma importante atividade econômica, uma vez que todas as plantas das lavouras para a produção de frutas precisam ser renovadas anualmente, em virtude do acúmulo de doenças e pragas de um ano de cultivo para outro, o que acarreta baixa produtividade de frutas (ANTUNES; DUARTE FILHO, 2005). A substituição anual das plantas no local de produção representa aproximadamente 24% do custo total de produção (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2006) e gera uma demanda anual de 175 milhões de mudas (ANTUNES; PERES, 2013).

A produtividade do morangueiro cultivado com mudas nacionais é limitada pela falta de cultivares adaptadas às condições de clima e solo, além da baixa qualidade fisiológica e fitossanitária das mudas produzidas no País, obrigando os produtores a importar mudas do Chile e da Argentina. A importação de mudas tem duas vantagens: a) a garantia de que as mudas estarão isentas de doenças, pois, antes de entrarem no Brasil, elas passam por uma vistoria fitossanitária; e b) as mudas importadas são mais produtivas do que as nacionais (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2006). A principal desvantagem são possíveis atrasos no plantio por causa da demora no processo de importação, o que prejudica a produção (SANTOS; MEDEIROS, 2003).

O morangueiro propaga-se via sexuada ou assexuada. A propagação sexuada se dá a partir de sementes e, geralmente, é utilizada no melhoramento genético para se obter variabilidade genética nos materiais de estudo. A propagação assexuada, que é a mais indicada para a produção de mudas de morangueiro, é feita por meio de estolões emitidos pela planta e enraizados no solo ou em substratos. Os estolões enraizados podem ser comercializados como muda de raiz nua ou com torrão.

A fase de propagação da planta de morangueiro, também conhecida como período de estolonamento, é altamente influenciada pela temperatura. Na maioria das cultivares, quando a temperatura começa a se elevar, no verão, as plantas iniciam a fase de propagação vegetativa por meio da produção de estolões, interrompendo a produção de flores e, conseqüentemente, a produção de frutas (RESENDE et al., 1999).

# Produção de mudas com raízes nuas

## Sistemas de produção

O sistema convencional em campo é o principal sistema usado no Brasil para a produção comercial de mudas de morango. Nesse sistema, as plantas-matrizes são cultivadas em viveiros a céu aberto, diretamente no solo, produzindo mudas com raízes nuas (ASSIS, 2006; VERDIAL et al., 2009). As mudas são formadas a partir de plantas-matrizes selecionadas, isentas de pragas e doenças. Os estolões emitidos pelas plantas-matrizes, ao entrarem em contato com o solo, enraízam, produzindo novas mudas (VERDIAL et al., 2009). Esse processo é contínuo e intenso durante o verão, porém cessa no outono, com a redução do fotoperíodo e a diminuição das temperaturas noturnas (ASSIS, 2006).

A maior parte das lavouras comerciais no Rio Grande do Sul é implantada com mudas frescas de raízes nuas produzidas no campo (Figuras 1A e 1B), o que aumenta a exposição delas a doenças de solo (MAAS, 2000). Para evitar a contaminação das mudas, produtores de morango de alguns países fumigam os solos com brometo de metila, reduzindo, assim, a incidência de doenças. O brometo de metila é um gás fumigante altamente tóxico, que é aplicado no pré-transplante para o controle de doenças de solo, nematoides e larvas. Em

Fotos: Carine Cocco



**Figura 1.** Mudas de morangueiro com raízes nuas, provenientes da Argentina (A) e do Chile (B).

virtude da sua elevada toxicidade, governantes de todo o mundo estão colocando em prática ações para eliminar o uso do brometo de metila para a desinfecção de solos. Além disso, estudos sugerem que a fumigação do solo com o brometo de metila não é o método mais correto e eficiente para reduzir a infestação de patógenos do solo (LIETEN, 2000). Por isso, buscam-se novas alternativas de sistemas de produção de mudas que diminuam o risco de contaminação por patógenos de solo. Na cultura do morangueiro, uma das alternativas é o emprego de um sistema denominado “fora do solo”, que consiste no plantio das matrizes em vasos ou calhas colocadas sobre suportes acima do solo. Essa estratégia ajuda a reduzir a exposição das mudas a patógenos de solo e, conseqüentemente, são produzidas mudas com torrão a partir de pontas de estolão.

## Métodos biotecnológicos para a produção de mudas sadias e de qualidade

Para a produção de mudas de morangueiro sadias e de qualidade, é necessário adquirir plantas-matrizes produzidas em laboratório, oriundas de métodos biotecnológicos, como a cultura de tecidos e a micropropagação (ANTUNES; DUARTE FILHO, 2005). O uso de mudas sadias e de qualidade garante maior produtividade, maior rentabilidade (graças ao menor uso de agrotóxicos) e frutos de melhor qualidade (BETTI et al., 2000). Além disso, é o ponto de partida para a obtenção de melhor resposta a qualquer tecnologia empregada no processo produtivo (OLIVEIRA et al., 2005).

A cultura de tecidos meristemáticos é empregada para obter plantas isentas de vírus, e a micropropagação é empregada para a multiplicação rápida de forma controlada, *in vitro*. O emprego desses métodos, complementado com o cultivo protegido em estufas, permite a produção de plantas-matrizes de forma programada (ASSIS, 2006).

## Fatores climáticos

A produção de plantas-matrizes *in vitro* tem sido adotada no Brasil desde o final da década de 1970 (BETTI et al., 2000; FORTES, 2003). Em algumas regiões, as plantas-matrizes adquiridas em laboratórios de cultura de tecidos sofrem aclimação antes de serem transplantadas para o local definitivo. Para isso, logo após a chegada das plantas-matrizes no viveiro, elas são retiradas das bandejas e colocadas em copos de plástico, com capacidade

entre 400 mL e 500 mL. Elas permanecem nos copos por um período de 20 dias, tempo necessário para a aclimação das mudas ao sol (CARVALHO, 2006).

Além da aclimação, outro fator importante para a produção de mudas de morangueiro com qualidade é o clima, especialmente no que diz respeito ao acúmulo de horas de frio e à pluviosidade. Esses dois fatores, além de serem determinantes na escolha das regiões de maior aptidão para a produção de mudas, estão diretamente relacionados à sua qualidade fisiológica (ANTUNES; DUARTE FILHO, 2005). Em relação às horas de frio acumuladas, segundo Duarte Filho et al. (1999), os viveiros na maioria dos países produtores são preferencialmente localizados em zonas de altitude elevada, com clima ameno, onde as necessidades de horas de frio são satisfeitas.

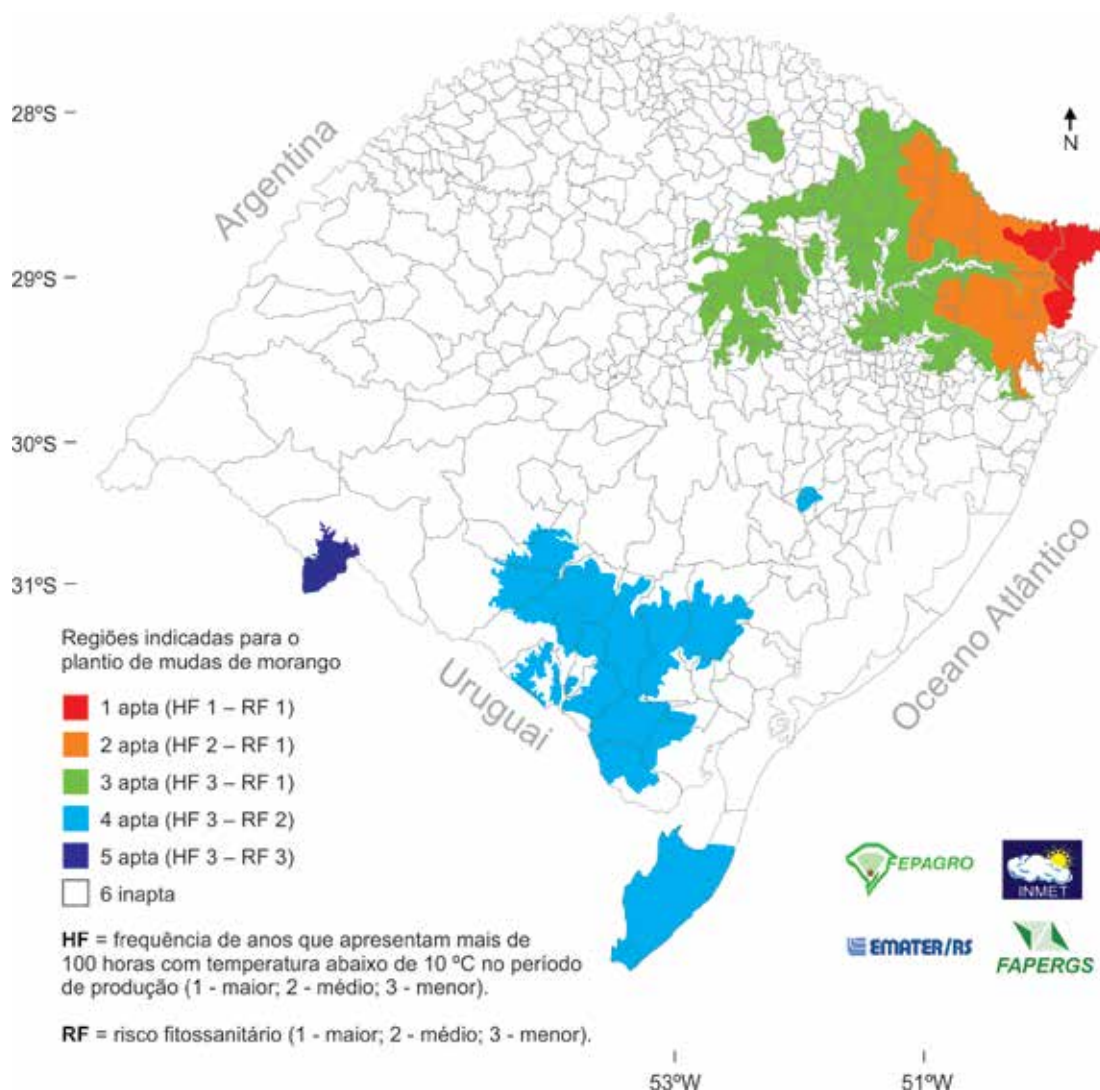
Segundo Wrege et al. (2007), a região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, que compreende os municípios de Vacaria, Bom Jesus e São Francisco de Paula, entre outros, é a que reúne as melhores condições para a produção de mudas de morango no Rio Grande do Sul graças ao acúmulo de horas de frio abaixo de 10 °C (Figura 2). No verão e no início do outono, essa região mantém uma relação ideal entre temperatura máxima (diurna) e temperatura mínima (noturna) para o desenvolvimento das mudas, bem como para a produção de cultivares de dias curtos, em razão da maior duração do fotoperíodo (WREGE et al., 2011). O estudo que proporcionou esses resultados baseou-se no cálculo da frequência de horas de frio (< 10 °C) acumuladas no período de janeiro a abril, quando se formam as mudas de morangueiro. Para esse fim, foram levantados dados diários de temperatura de séries históricas de aproximadamente 30 anos, a partir dos gráficos de termógrafos da rede de estações agrometeorológicas da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro), e somados os valores abaixo de 10 °C, diariamente.

Em relação à pluviosidade, as chuvas frequentes aumentam a exposição da planta a doenças e reduzem a qualidade fisiológica e fitossanitária das mudas.

## Plantio

Antes do plantio das plantas-matrizes, deve-se escolher o local mais apropriado para a implantação do viveiro. A preferência deve ser por áreas que anteriormente não foram cultivadas com morangueiro ou outras solanáceas, em razão do acúmulo de patógenos no solo. Além disso, deve-se escolher um local em que o viveiro possa ser instalado com a face





**Figura 2.** Zoneamento agroclimático para a produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul.

Fonte: Wrege et al. (2007).

voltada para a nascente do sol, para evitar que as mudas recebam muito sol na parte da tarde (CARVALHO, 2006).

Antes do preparo do solo, deve-se realizar uma análise de solo com antecedência mínima de 90 dias. O preparo consiste em fazer a aração e a gradagem, para deixar o solo totalmente destorroado, e a calagem, de acordo com os resultados da análise do solo. Se o solo for compactado, deverá ser feita a subsolagem (CARVALHO, 2006).



O plantio deve ser realizado entre os meses de setembro e novembro, para que as mudas estejam disponíveis de março a maio, a depender da região produtora.

O espaçamento mais utilizado para o plantio das matrizes é de 2 m x 2 m ou 2 m x 1 m, sendo usadas de 2,5 mil a 5 mil matrizes por hectare, com potencial de produção de até 1 milhão de mudas. As matrizes devem ser plantadas em dias frescos, mas, antes do plantio, o solo do viveiro deve ser bem umedecido e, depois, irrigado três vezes por semana (CARVALHO, 2006). O método recomendado para irrigação é a microaspersão ou aspersão convencional, devendo-se irrigar ao amanhecer ou nas primeiras horas da manhã (WREGE et al., 2007).

Depois do plantio das plantas-matrizes, realiza-se a adubação de cobertura, com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), que deve ser iniciada 20 dias após o transplante dessas plantas no viveiro, e repetida uma ou duas vezes a cada 30 dias (CARVALHO, 2006). Se o solo estiver pobre em P, a adubação complementar desse nutriente deverá ser feita no início da formação dos estolões. Carvalho (2006) recomenda ainda realizar a adubação foliar 20 a 30 dias após o plantio das matrizes, com micronutrientes, com cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

## Controle de plantas invasoras

O controle de plantas invasoras também é fundamental durante a produção de estolões e a multiplicação das mudas, evitando-se a concorrência por nutrientes e dificuldades na retirada posterior das mudas. Carvalho (2006) sugere evitar o uso de herbicidas para o controle de plantas invasoras, pois retarda o desenvolvimento das mudas. O mesmo autor recomenda ainda capinar quantas vezes for necessário e escarificar os canteiros para quebrar a camada endurecida. Esse autor também sugere outros tratamentos culturais: manter os estolões na área útil do canteiro, podar as matrizes quando atingirem a produção de 80 mudas por unidade e eliminar plantas com sintomas de doenças sem controle.

## Controle de doenças e pragas

O morangueiro é suscetível a diversas doenças e pragas, que afetam o sistema radicular, a coroa e a parte aérea da planta; por isso, o controle de seus agentes deve ser sistemático, especialmente quando o morangueiro é cultivado no solo.

O longo ciclo de produção de mudas do morangueiro no Brasil e principalmente as condições climáticas adversas durante o ciclo, como chuvas intensas e temperaturas elevadas, que são comuns nos meses do verão, dificultam a manutenção do viveiro convencional em bom estado fitossanitário. Isso não ocorre nos viveiros chilenos e argentinos, pois que as regiões onde as mudas são produzidas apresentam temperaturas mais amenas durante o verão e baixa precipitação, resultando em baixa incidência de doenças e pragas.

No final do ciclo, que coincide com o final do verão, ocorre um entrelaçamento dos estolões e a sobreposição das mudas, criando um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças e dificultando a aplicação, ou até mesmo reduzindo a eficiência de aplicação do produto.

A exportação de material orgânico contaminado do local onde as mudas foram produzidas para o local definitivo de produção de frutas apresenta um grande potencial de disseminação de pragas e doenças.

## Tratamento das mudas

Depois de 140 dias no campo, cada planta-matriz pode produzir entre 320 e 800 mudas, dependendo da cultivar. A cultivar Oso Grande, por exemplo, produz em média 380 mudas por planta-matriz; a 'Tudla', 320 mudas por planta-matriz; e a 'Dover', de 500 a 800 mudas por planta-matriz (CARVALHO, 2006).

A média de produção de mudas por hectare está entre 350 mil e 400 mil mudas, ou entre 35 e 40 mudas por metro quadrado, quantidade esta que não deve ser excedida, para não prejudicar a qualidade da muda, em decorrência da maior competição entre elas (RODRÍGUEZ, 1997).

A época de colheita das mudas comerciais depende do vigor e da qualidade que ela apresenta e do mercado ao qual ela se destina. Em regiões onde o plantio é feito precocemente, como é o caso do sul de Minas Gerais, onde tradicionalmente ocorre entre março e abril, as mudas devem ser colhidas precocemente, de forma a atender às necessidades dos produtores. Entretanto, a maior dificuldade consiste em garantir um bom calibre da coroa e o desenvolvimento do sistema radicular quando as mudas são retiradas do campo. Muitos produtores de mudas tendem a retardar a colheita das mudas no viveiro, com a finalidade de melhorar o calibre. No entanto, essa prática pode provocar reflexos negativos sobre a sucessiva produção de frutas, pelo atraso no plantio. Deve-se salientar a importância da

época de plantio no campo de produção de frutas, de modo a otimizar a disponibilidade de frutas conforme a demanda do mercado consumidor. Para isso, faz-se necessário que as atividades do setor de produção de mudas e de produção de frutas estejam em sintonia.

Quando as mudas são arrancadas, é efetuada uma limpeza (toilette), aparando as folhas e reduzindo um pouco o sistema radicular, se for necessário. Devem ser mantidas as duas folhas mais jovens, necessárias para favorecer o pegamento e a rápida retomada do crescimento após o plantio no campo de produção de frutas. A manutenção de poucas folhas reduz a superfície transpirante, minimizando o estresse. Por outro lado, mantém a capacidade fotossintética, importante para a retomada do crescimento da planta. As mudas devem ser padronizadas quanto ao diâmetro da coroa, para facilitar a operação de plantio, melhorar o estande e uniformizar a colheita.

Na Argentina e no Chile, adota-se um sistema de classificação de mudas de morango pelo diâmetro da coroa, que deve ser de no mínimo 8 cm. No Brasil, também se adota esse sistema de classificação, porém de uma forma menos rigorosa, pelo fato de haver menor somatório de horas de frio na época de produção de mudas, mesmo nas regiões mais frias, o que limita a formação de mudas de morangueiro com diâmetro maior (WREGE et al., 2007). A legislação brasileira recomenda o plantio de mudas cuja coroa tenha o tamanho mínimo de 5 mm (BRASIL, 2012).

As mudas são, então, acondicionadas em caixas e devem ser imediatamente enviadas para o local onde serão plantadas. Esse item é de grande importância porque, se esse tempo for muito longo, pode ocasionar retardo no crescimento vegetativo da planta após o plantio, ou pode até provocar sua morte. Outra questão importante é o uso de mudas pouco desenvolvidas e sem vigor, obtidas em viveiros com excessiva densidade de plantio, o que induz a planta a vegetar, com risco de retardar e reduzir a diferenciação de gemas.

## Recomendações gerais de produção de mudas

De acordo com Wrege et al. (2007), algumas recomendações podem ser seguidas para reduzir os riscos e melhorar o desenvolvimento das mudas no viveiro:

- Local: deve-se evitar o plantio das mudas em baixadas, assim como próximo a matas fechadas, onde se acumula ar frio e umidade, que intensificam o efeito da geada, principalmente das primeiras geadas do ano (geadas precoces), e permitem o aumento de incidência de doenças.

- Face de exposição: dar preferência aos plantios na face norte ou nordeste da propriedade, o que possibilita maior incidência de radiação por um período mais prolongado sobre as mudas, favorecendo o acúmulo de reservas.
- Quebra-ventos: usar quebra-ventos, para reduzir a velocidade do vento, nos pontos de maior elevação da propriedade. Evitar o plantio de quebra-ventos muito fechados, próximo a baixadas, que podem reter o ar frio e úmido e prejudicar a formação de mudas.
- Irrigação: usar irrigação na produção de mudas é uma prática obrigatória para todas as regiões do Estado do Rio Grande do Sul. A alta probabilidade de ocorrência de deficit hídrico nos períodos de produção das mudas, aliada ao pequeno tamanho do sistema radicular das novas plantas, faz com que, normalmente, essas sejam submetidas a deficit hídrico. Portanto, recomenda-se a instalação de tensiômetros para o manejo da água de irrigação, com o objetivo de manter a umidade no solo sempre próxima à capacidade de campo. Essa prática possibilita produção de mudas de morangueiro de melhor qualidade e em maior quantidade.

## Sistemas de produção de mudas fora do solo

No Brasil, a produção de mudas de morangueiro em sistema fora do solo ainda é muito baixa, principalmente em razão da escassez de conhecimentos técnicos sobre esse sistema. No entanto, pesquisas têm sido desenvolvidas para gerar mais conhecimentos e informações sobre esse sistema alternativo de produção de mudas.

No sistema de produção de mudas fora do solo, as mudas-matrizes provenientes do cultivo *in vitro* são plantadas em vasos ou calhas colocadas sobre suportes acima do solo, no período de setembro a outubro. Elas emitem estolões durante todo o verão, quando o fotoperíodo e as temperaturas são elevados. A partir desses estolões, são produzidas mudas com raízes nuas ou com torrão, sendo essas obtidas a partir do enraizamento de pontas de estolões em bandejas com substrato. As mudas produzidas dessa forma são comercializadas e plantadas com as raízes envolvidas pelo torrão de substrato (COCCO et al., 2010; GIMÉNEZ et al., 2009; LIETEN et al., 2004).

Segundo Lieten (2000), algumas das vantagens da produção de mudas fora do solo são:

- Menor risco de infecção por doenças do sistema radicular e da coroa, pois o substrato utilizado é esterilizado. Além disso, o sistema radicular é mantido intacto.
- Melhor controle da nutrição das plantas, permitindo, assim, obterem-se mudas com maior vigor e mais qualidade fisiológica.

O sistema de cultivo fora do solo foi adotado rapidamente por viveiristas na Europa, nos Estados Unidos e no Canadá, por permitir um melhor controle de fatores relacionados à sanidade, à precocidade e à produtividade (BISH et al., 1997; DURNER et al., 2002). Na Europa, as plantas-matrizes são provenientes do cultivo *in vitro*, para assegurar a qualidade sanitária das mudas. Elas são plantadas em sacolas de plástico, preenchidas com substratos, e crescem em túneis ou estufas plásticas, para a produção de pontas de estolão de elevada qualidade fisiológica. O solo sob as sacolas é coberto com filme de polietileno (*mulching*). As entrelinhas são cobertas com palha de trigo.

Para a produção de mudas fora do solo, diversos sistemas podem ser utilizados, como o sistema de vasos suspensos e o sistema de calhas. A escolha do sistema depende do grau de tecnificação do produtor e da disponibilidade de recursos.

## Sistema de vasos suspensos

Nesse sistema, as mudas são plantadas em vasos mantidos sobre bancadas, em cultivo protegido, de modo que os estolões produzidos não entrem em contato com o solo e, conseqüentemente, não enraízem (TESSAROLI NETO, 2001). Os vasos com volumes de 5 L a 10 L devem ser preenchidos com substratos esterilizados, que podem ser constituídos por substratos orgânicos, areia, turfa ou casca de arroz carbonizada, ou, então, por misturas, em diferentes proporções, desses materiais, de forma a melhorar a estrutura física, a capacidade de retenção de água e a capacidade de troca de cátions.

O plantio das plantas-matrizes é realizado entre os meses de setembro e novembro. Nesse sistema, é preciso irrigar e fertirrigar as plantas por meio de um sistema que forneça a solução às plantas e proporcione a drenagem da solução excedente. Além de vasos, as mudas-matrizes podem ser plantadas em sacolas de plástico, para minimizar os custos.

Quando os estolões emitem os primórdios radiculares, já estão prontos para serem colhidos e plantados em bandejas contendo substrato. Segundo Tessaroli Neto (2001), embora esse sistema produza menos mudas por planta-matriz do que o sistema por cultivo

no solo, a produtividade por área é maior, já que o cultivo é mais adensado, tornando esse sistema economicamente viável. No entanto, se forem otimizadas as condições de produção no sistema fora do solo, a produção poderá superar largamente a do cultivo no solo.

## Sistema de calhas

Nesse sistema, utiliza-se calha ou canaleta de PVC, com comprimento de no máximo 20 m, sobre suporte de madeira ou concreto, com 80 cm de altura. Antes de encher a calha com substrato, deve-se colocar, no fundo da calha, uma tela de malha anti-inseto. É necessário que haja uma declividade para a solução nutritiva excedente ser drenada para o reservatório, onde é reutilizada no mesmo sistema (Figura 3). Esse é um sistema fechado, com reaproveitamento da solução nutritiva drenada, e o cultivo ocorre dentro de estufas plásticas ou casas de vegetação.

Esse sistema exige o monitoramento diário da condutividade elétrica e do pH da solução nutritiva contida no reservatório, já que, na fase de estolonamento, é intensa a absorção de água e nutrientes pelas matrizes, e a reposição de ambos deve ser feita de modo a manter seus níveis adequados ao crescimento e ao desenvolvimento vegetal. O monitoramento diário do pH é fundamental, considerando que, nesse sistema, não existe o poder tampão, como no solo. Assim, o pH também deve manter-se na faixa ideal de disponibilidade de nutrientes para a cultura.

Em geral, independentemente do sistema de produção de mudas utilizado, as cultivares de dias curtos produzem maior número de estolões do que as de dias neutros. Também variam o número de estolões entre as mais diversas cultivares e o número de mudas produzidas por planta-matriz, a depender da região onde é cultivada e das condições de cultivo.



Foto: Carine Cocco

**Figura 3.** Fase de propagação vegetativa de mudas-matrizes cultivadas em calhas contendo casca de arroz carbonizada.

## Substratos para a produção de mudas

Diversos materiais podem ser utilizados como substrato para a produção de mudas. A areia de granulometria grossa, por exemplo, por possuir elevada estabilidade, porosidade adequada, fácil disponibilidade e custo acessível, além de ser um material inerte, pode ser empregada em vários cultivos sucessivos. Mas sua elevada densidade é uma desvantagem, já que dificulta o manuseio e exige estruturas de sustentação reforçadas.

Entre os substratos orgânicos, destacam-se os resíduos vegetais, principalmente os derivados da indústria de celulose, que passam por um processamento que inclui a trituração e a compostagem. Normalmente, são adicionados materiais inertes, como a perlita e a vermiculita, para melhorar certas características físicas, como a porosidade, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a capacidade de retenção de água. No entanto, os principais inconvenientes desses substratos são o custo elevado e a baixa estabilidade. No decorrer do desenvolvimento da cultura, esses substratos sofrem decomposição, diminuindo o volume e alterando as características físicas. Por isso, devem ser substituídos totalmente após cada ciclo de produção.

A casca de arroz é um substrato orgânico de alta disponibilidade na região Sul do Brasil. Trata-se de um material de baixa densidade, que pode ser manuseado com facilidade. Para ser empregada como substrato, a casca de arroz deve passar por um processo de carbonização parcial, para reduzir a relação entre carbono e nitrogênio (C/N) e aumentar a capacidade de retenção de água. É nessa etapa que residem as dificuldades de uso (ANDRIOLO, 2007). Segundo esse autor, a carbonização feita empiricamente em recinto aberto não garante a homogeneidade do produto final. Os gases gerados durante o processo são poluentes e nocivos à saúde. A capacidade de retenção de água continua baixa, mesmo após a carbonização, exigindo, então, fertirrigações frequentes. Além disso, o substrato da casca de arroz sofre decomposição durante o ciclo de produção do morango, com redução de volume e modificações na porosidade e na capacidade de retenção de água. Por isso, deve ser substituído ao final de cada ciclo de produção. A casca de arroz pode ser utilizada sem passar pelo processo de carbonização. No entanto, como a capacidade de retenção de água desse material é muito baixa, sugere-se usá-lo em mistura com outros substratos que tenham maior capacidade de retenção de água.

## Manejo da solução nutritiva

No quesito referente ao manejo da solução nutritiva, os sistemas de produção de mudas fora do solo dividem-se em dois grupos: sistemas abertos, em que a solução nutritiva drenada é perdida; e sistemas fechados, em que a solução nutritiva drenada é reaproveitada dentro do sistema.

Cada sistema deve receber um manejo específico, de forma a suprir as demandas nutricionais sem provocar deficiências ou toxidez nas plantas. Em ambos os sistemas, o uso de substrato é opcional.

No sistema fechado, a cada fertirrigação, a planta absorve uma parte da solução, o substrato retém outra parte, e o volume excedente retorna ao reservatório. A solução nutritiva pode ser mantida durante todo o ciclo de produção, sem que nenhum descarte precise ser feito; apenas volumes adicionais de solução são inseridos no sistema, quando necessário, para repor o volume absorvido pela planta e evaporado do sistema.

Esse tipo de manejo requer, porém, certos cuidados. É que a velocidade de absorção de cada nutriente pela planta é diferente, o que pode gerar desequilíbrio na composição da solução nutritiva e um consequente antagonismo na absorção de nutrientes, em que uma maior concentração de um nutriente reduz a disponibilidade de outro, como é o caso do cálcio (Ca) e do potássio (K). Para minimizar esse problema, deve-se fazer o monitoramento periódico das quantidades de cada nutriente presente na solução nutritiva e efetuar a reposição deles de forma a manter suas concentrações em equilíbrio. No entanto, essa é uma operação demorada e com elevado custo, pois exige análise de laboratório para quantificar os nutrientes contidos na solução. Quando não for possível realizar a reposição dos nutrientes através da recomendação da análise da solução nutritiva, deverá ser efetuada a substituição completa da solução nutritiva periodicamente, para que as concentrações dos nutrientes se mantenham no maior equilíbrio possível.

Segundo Andriolo (2007), uma das preocupações em sistemas hidropônicos fechados é com a desinfestação ou desinfecção da solução nutritiva. No entanto, o risco de contaminação é reduzido quando se usam mudas sadias e substratos desinfestados por meio de equipamentos que tenham essa finalidade.

A literatura sugere diversas formulações de solução nutritiva para a produção de mudas de morangueiro. Entretanto, há variações na composição nutricional das distintas



formulações de solução nutritiva recomendadas. Essas variações podem ser atribuídas ao tipo de substrato utilizado, ao funcionamento do sistema hidropônico em regime aberto ou fechado e também ao manejo da fertirrigação em resposta às demandas hídrica e mineral decorrentes das condições ambientais onde o cultivo é realizado. Assim, é preciso ajustar a composição das soluções nutritivas às peculiaridades das diferentes regiões do País onde o morangueiro é cultivado.

Durante o preparo da solução nutritiva no reservatório, é preciso ter cuidado com a condutividade elétrica, pois o morangueiro possui grande sensibilidade à concentração salina. O efeito da salinidade em nível celular deve-se principalmente aos efeitos osmóticos, que decorrem de alterações no fluxo hídrico da planta (KATERJI et al., 2000). As taxas de crescimento da parte aérea e das raízes tornam-se reduzidas, resultando em plantas com menor número de folhas e menor estatura. A intensidade desses efeitos depende de interações com variáveis do ambiente, como deficit hídrico, temperatura e radiação solar.

Para elaborar a solução nutritiva, deve-se empregar água de boa qualidade, isenta de resíduos químicos e contaminações biológicas, que tanto podem ser nocivos às plantas como ao consumidor. O pH da água na solução nutritiva, outro fator importante a ser monitorado, deve situar-se na faixa entre 5,5 e 6,5.

Ao preparar a solução nutritiva, os sais fertilizantes devem ser dissolvidos separadamente em balde plástico e, a seguir, devem ser adicionados à água contida no reservatório. Preferencialmente, inicia-se pelo fosfato de potássio, sulfato de magnésio e nitrato de potássio. Em seguida, dissolve-se o nitrato de cálcio (ANDRIOLO, 2007). Finalmente, dissolvem-se os micronutrientes e o quelato de ferro. As formulações quelatizadas contêm uma quantidade de ferro (Fe) que varia entre 4% e 6%. A quantidade de quelato de ferro deve ser corrigida de acordo com a sua concentração férrica, de forma a adicionar 1 mg de Fe por litro de solução nutritiva. Para não precisar pesar e dissolver os sais toda vez que se desejar preparar uma solução nutritiva, podem ser preparadas soluções-estoque dos macro e micronutrientes, os quais possuem concentração em torno de 50 a 100 vezes a concentração da solução nutritiva utilizada no sistema. Dessa forma, sempre que for necessário efetuar a reposição dos nutrientes, devem ser feitos os cálculos das quantidades, para que sejam adicionados os volumes necessários.

O cultivo em substratos com drenagem perdida é condenável do ponto de vista da sustentabilidade da produção agrícola, porque é poluente e desperdiça uma elevada

quantidade de fertilizantes. Faz-se necessário, portanto, adaptar sistemas fechados ou abertos que permitam a coleta e a posterior reutilização da solução nutritiva drenada.

Segundo Giménez et al. (2008), há certos fatores, como concentração, equilíbrio eletroquímico, teor de oxigênio, temperatura do ar e da solução nutritiva e intensidade da radiação solar incidente, que modificam as dinâmicas de absorção mineral e estão na origem das variações na composição das soluções descritas na literatura. Isso significa que a composição da solução nutritiva deve ser ajustada para cada uma das condições de produção.

Os valores do pH e da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva sofrem modificações durante o crescimento e o desenvolvimento da cultura e, por esse motivo, devem ser monitorados diariamente. As variações são pequenas nos primeiros meses após o plantio, em virtude do pequeno tamanho das plantas e da baixa evapotranspiração, e são maiores nos meses de verão, quando o crescimento das plantas é intenso e as temperaturas estão mais elevadas. No caso da CE, recomenda-se corrigir sempre que o valor medido se afastar em até 20% do valor original. Quando o valor medido for superior ao valor original, a correção será feita por adição de água. Quando a CE for inferior ao ideal, no reservatório deverá ser acrescentada uma nova solução nutritiva, preparada de acordo com a composição original. O manejo diário da fertirrigação deve ser adequado às condições climáticas do local de produção. Em dias quentes e ensolarados, a frequência de irrigação deve ser aumentada e a condutividade elétrica da solução nutritiva deve estar em torno de  $1,1 \text{ dS m}^{-1}$  a  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ , pois a evapotranspiração dentro da estufa ou casa de vegetação é elevada, acarretando maior concentração dos sais na solução nutritiva, que podem salinizar o substrato e chegar a níveis tóxicos para as plantas. Já em dias nublados ou com temperaturas amenas, a frequência de fertirrigação deve ser menor, pois a evapotranspiração também diminui.

## Mudas com torrão

O principal método empregado para a produção das mudas comerciais consiste em extrair as pontas dos estolões, as quais são plantadas em bandejas ou copos de plástico contendo substrato. As mudas assim produzidas são denominadas de *plug plants* ou mudas com torrão, e adaptam-se ao sistema de produção de morangueiro fora do solo com substrato e ao cultivo no solo. O uso de substratos inertes durante a produção das mudas evita a exposição das mudas a patógenos de solo (BISH et al., 2001; DURNER et al., 2002; LIETEN, 1998; MUSACCHI; MUSACCHI, 1998). Vários autores observam que as mudas

com torrão apresentam elevada precocidade quando comparadas com mudas de raiz nua, sendo úteis para a produção de morango na entressafra, quando o valor do produto no mercado é mais elevado.

Materiais vegetais propagados e crescidos em recipientes, com o uso de substratos esterilizados, proporcionam maior controle dos fatores de produção e influenciam a sanidade das plantas, a taxa de sobrevivência das mudas no transplante, a precocidade de produção, a produtividade total e o tamanho das frutas (COCCO et al., 2010; DURNER et al., 2002; GIMÉNEZ et al., 2008).

A maior parte das mudas de morangueiro produzidas no Brasil provém de lavouras conduzidas no solo, em áreas contaminadas por pragas e doenças. A produção de mudas em substratos esterilizados evita a exposição de plantas a patógenos de solo e garante maior qualidade fisiológica e fitossanitária. O uso de sistemas sem solo com mudas-matrizes produzidas in vitro são alternativas indicadas para a produção de mudas de alta qualidade (GIMÉNEZ et al., 2008; SANTOS; MEDEIROS, 2003); entretanto, no Brasil, ainda são escassas as informações tecnológicas sobre a produção de mudas de morangueiro nesse sistema.

O uso de mudas com torrão vem sendo empregado na Europa há mais de 25 anos. O método, denominado de *plug plants*, vem sendo adotado por viveiristas na Europa, nos Estados Unidos e no Canadá para a produção de mudas de morangueiro em cultivo sem solo. Na Europa, as plantas-matrizes são colocadas em sacolas de plástico com substrato, em solo coberto com polietileno e palha de trigo nas entrelinhas. As plantas-matrizes emitem os estolões no final da primavera, os quais são enraizados e preparados em bandejas, que, por sua vez, são colocadas em estufas e túneis plásticos (BISH et al., 2002; DURNER et al., 2002). No Brasil, as pesquisas com esse tipo de muda estão se iniciando, mas já é possível observar resultados satisfatórios na antecipação do início da colheita de frutos em algumas regiões produtoras.

A produção de mudas com torrão pode eliminar muitos dos problemas que ocorrem em mudas com raízes nuas, principalmente a redução do uso de agrotóxicos para controle das doenças de solo. No sistema de produção de mudas em bandejas, a possibilidade de as mudas serem infectadas por patógenos como *Verticillium* (*Verticillium* spp.) ou *Phytophthora* (*Phytophthora* spp.) é pequena, pois o meristema radicular, que é a principal porta de entrada dessas doenças, está envolvido por substratos esterilizados. Outro fator que pode ser controlado é a nutrição das mudas, que pode ser ajustada conforme as necessidades das plantas e

o tamanho de mudas desejado pelo produtor. Além disso, por serem mudas produzidas em local protegido, são mais facilmente manuseadas em condições de chuva ou granizo.

## Produção de mudas com torrão

As pontas de estolão são coletadas das plantas-matrizes sempre pela manhã, e em seguida são preparadas para o enraizamento. Esse preparo consiste em cortar os estolões que ligam as pontas, mantendo 1,5 cm a 2,0 cm do estolão para evitar a desidratação, até que as raízes cresçam. Geralmente, o corte e o enraizamento das pontas de estolão são feitos no mesmo dia, mas elas podem ser armazenadas sob refrigeração, em temperaturas entre 1 °C e 5 °C, por 1 ou 2 dias. A ponta de estolão adequada para enraizar é aquela que possui nódulos radiculares visíveis e comprimento de 0,5 cm a 1,0 cm (LIETEN, 2000). Recomenda-se não utilizar pontas de estolão sem nódulos radiculares, por serem difíceis de enraizar ou sobreviver.

Depois de coletados, os estolões devem ser limpos e preparados para o plantio nas bandejas. Nesse momento, devem ser removidas as folhas velhas, doentes ou muito longas, e mantidas as duas folhas mais jovens. As pontas de estolão devem ser mantidas hidratadas até o momento do plantio nas bandejas, para que não murchem.

No momento do plantio das pontas de estolão em bandejas com substrato, deve-se conferir se o nível do substrato não ultrapassou a altura da coroa, pois isso impediria a emissão de novas folhas; verificar também se as raízes não estão soltas, o que acarretaria o tombamento da ponta de estolão, dificultando o enraizamento (Figura 4).

No ambiente de enraizamento dos estolões (estufas ou túneis plásticos), as bandejas devem ser protegidas por sombrite, com aproximadamente 30% de sombreamento. Nesse ambiente, a irrigação deve ser feita por nebulização ou microaspersão, devendo ser administrada com intervalos de 5 minutos, duração de 10 segundos, de maneira que a superfície dos folíolos do estolão mantenha-se sempre úmida, para evitar a desidratação, considerando que, durante o período de

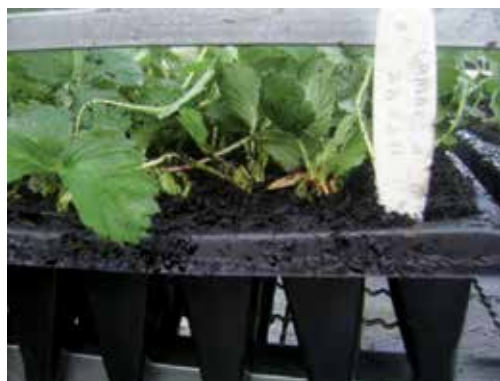


Foto: Carline Cocco

**Figura 4.** Pontas de estolão colocadas para enraizar em bandejas.

produção de mudas com torrão, as temperaturas costumam estar elevadas (Figura 5).

A frequência de irrigação deve variar conforme o estágio de desenvolvimento da muda e também conforme as condições climáticas do local de cultivo. Durante os primeiros dias do enraizamento, é necessário manter em torno de 90% de umidade para prevenir que as pontas de estolão ressequem e para estimular a emissão de raízes. O sistema de nebulização das mudas é muito eficiente no enraizamento e deve durar em torno de 7 a 10 dias. Depois dos primeiros dias, o intervalo de irrigação pode ser maior, pois os primórdios radiculares já começaram a se desenvolver (Figura 6) (DURNER et al., 2002). Posteriormente, o sombrite pode ser retirado, mas a irrigação deve continuar durante mais 3 a 5 semanas, até as mudas atingirem o tamanho desejado pelo produtor (Figura 7). O enraizamento será acelerado quando a temperatura mínima estiver próxima de 20 °C.

Durante o período de crescimento e enraizamento das mudas, uma solução nutritiva padrão para a cultura do morangueiro deve ser aplicada diariamente para acelerar o crescimento vegetativo e o engrossamento da coroa, pelo acúmulo de substâncias de reservas. A condutividade elétrica (CE) dessa solução nutritiva deve ser mantida entre 1,1 dS m<sup>-1</sup> e 1,2 dS m<sup>-1</sup>. Valores de CE entre 0,4 dS m<sup>-1</sup> e 0,8 dS m<sup>-1</sup> provocam redução no crescimento vegetativo e no diâmetro da coroa, enquanto valores elevados de CE promovem crescimento vegetativo e da coroa acelerados, podendo resultar em incremento



Foto: Carine Cocco

**Figura 5.** Bandejas contendo as pontas de estolão sob nebulização para enraizamento.



Foto: Carine Cocco

**Figura 6.** Ponta de estolão com as primeiras raízes emitidas, após 7 dias em irrigação por nebulização.

no número de frutas. A adição de nitrato de amônia na solução nutritiva pode promover o crescimento vegetativo, o aumento do diâmetro da coroa e o incremento da capacidade de produção de frutas (LIETEN, 1994). No entanto, pode provocar efeitos negativos no início da floração, pois prolonga o período vegetativo da muda.

O diâmetro da coroa em pontas de estolão não tem mostrado influência sobre a iniciação floral e a produtividade final em mudas com torrão refrigeradas (LIETEN, 2000). No entanto, segundo esse autor, há uma diferença na taxa de sobrevivência das mudas. Em pontas de estolão maiores, o sistema radicular tende a crescer rapidamente, garantindo maior aporte nutricional para o crescimento da coroa (COCCO et al., 2010). Nesse caso, devem-se usar bandejas ou recipientes que contenham adequado volume de substrato e não limitem o crescimento do sistema radicular das mudas, pois isso pode provocar o envelhecimento e a suberização do sistema radicular (GIMÉNEZ et al., 2009). Como consequência, ocorre maior mortalidade das mudas no momento do plantio, em decorrência do estresse, além de florescimento retardado.

Muitos tipos de bandeja têm sido desenvolvidos para a produção de mudas de hortaliças, especialmente do morangueiro na Europa, cujo tamanho dos alvéolos varia entre 75 cm<sup>3</sup> e 300 cm<sup>3</sup>. Maior tamanho de alvéolos nas bandejas para a produção de mudas resulta em coroas com maior diâmetro e, conseqüentemente, em maior capacidade de produção das plantas (JANSEN, 1997). Normalmente, essas bandejas apresentam dimensões de 0,60 m x 0,20 m, com oito ou nove células, e volume em torno de 280 cm<sup>3</sup>. No entanto, as mudas produzidas nessas bandejas apresentam custo elevado, em razão da grande quantidade de substrato que é utilizado, além do maior custo com o transporte, pois o espaço utilizado pelo torrão da muda é maior. Mudas com maior volume no torrão são utilizadas na Europa e nos Estados Unidos, no plantio antecipado da lavoura,



Foto: Carline Cocco

**Figura 7.** Muda de morangueiro do tipo com torrão, pronta para o transplante no solo ou o cultivo fora do solo.



com a finalidade de obter produções precoces. Geralmente, no momento do plantio, essas mudas já emitiram a primeira inflorescência, e a colheita das primeiras frutas é feita aproximadamente 40 a 50 dias após o plantio.

As bandejas para a produção de mudas são fabricadas com vários tipos de material, como poliestireno, polietileno e polipropileno. Existem relatos sobre a influência do tipo de material de fabricação da bandeja sobre o crescimento e o desenvolvimento das mudas, o tamanho e o formato dos alvéolos da bandeja sobre o enraizamento de mudas, a qualidade de raízes e a viabilidade para o transplante, porém isso afeta a vida útil da bandeja e o custo final da muda. Bandejas de poliestireno duram, em média, de 3 a 5 anos. A vida útil das bandejas de polipropileno varia de 7 a 10 anos, enquanto o polietileno dura de 2 a 3 anos.

## Qualidade de mudas

O morango apresenta uma grande variação sazonal nos preços pagos ao produtor. Os maiores valores são obtidos no período de abril a junho, quando a oferta do produto é pequena, em razão das condições climáticas das regiões produtoras e das características das cultivares utilizadas. Esse fato justifica o desenvolvimento de técnicas que possibilitem maior produção precoce ou antecipação da produção de frutas (CAMARGO FILHO et al., 1994; DUARTE FILHO et al., 1999). No Rio Grande do Sul, a produção de frutas inicia em junho e estende-se até dezembro, sendo que o período compreendido entre os meses de junho e setembro é considerado de produção precoce.

A precocidade de produção do morangueiro é afetada pelas características próprias da cultivar, pelas condições ambientais do local de cultivo, pela época de plantio, pelo tipo e pelo vigor da muda. A qualidade de mudas é fundamental para a produção precoce do morangueiro. Mudas pequenas, com diâmetro de coroa inferior a 5 mm, com idade fisiológica avançada e sistema radicular suberizado terão seu desempenho prejudicado durante o período produtivo, com impacto negativo na produtividade da fruta. Mudas grandes e vigorosas estabelecem-se mais facilmente e exigem cuidados menos intensivos em relação à irrigação e ao manejo de doenças. Segundo alguns pesquisadores, há uma correlação positiva entre o diâmetro da coroa e o potencial produtivo da muda (FABY, 1996). Mudas com maior diâmetro de coroa produzem mais frutas, já que os primórdios florais são produzidos mais precocemente; além disso, asseguram maior número de botões florais (CARBONARI, 1978; JAHN; DANNA, 1970; ROBERTSON, 1955). O diâmetro da coroa do morangueiro está



relacionado com a quantidade de carboidratos armazenados durante o período de crescimento das mudas em viveiro (PALENCIA et al., 2013).

A concentração de carboidratos nas raízes e nas coroas é um importante fator que determina a qualidade das mudas de morangueiro, sendo influenciada pelo local de propagação da planta-matriz e pela época de plantio das mudas no campo, e tem efeito sobre o crescimento da planta no campo (LIETEN, 1997, 2000; PALHA; MONTEIRO, 1997). Plantas propagadas em altas latitudes, altas altitudes ou com plantio antecipado produzem frutas antes do que aquelas propagadas em baixas latitudes ou baixas altitudes ou com plantio tardio (PALENCIA et al., 2013; PALHA et al., 2002; RAHMAN et al., 2014). Essas diferenças na concentração de carboidratos estão relacionadas à maior quantidade de horas de frio recebidas pelas plantas que crescem em maiores latitudes/altitudes, ou quando o plantio é feito no outono.

Mudas com raízes nuas produzidas em locais com temperaturas noturnas mais amenas apresentam indução floral e início da produção mais precoce, quando comparadas àquelas produzidas em locais com temperaturas mais elevadas, pois temperaturas noturnas abaixo de 7 °C favorecem o acúmulo de carboidratos de reserva na coroa e nas raízes, principalmente se estiverem associadas a dias quentes, secos e com elevada radiação solar incidente, resultando em mudas com maior vigor. Plantas que possuem coroas grossas, com mais de 10 mm, contêm elevadas concentrações de carboidratos, resultando em crescimento vigoroso após o transplante, boa produção de flores, alta qualidade e maior tamanho de frutas (KIRSCHBAUM et al., 1998, 2012; VERDIER, 1987).

Algumas pesquisas internacionais (CHANDLER et al., 1989; JAHN; DANNA, 1966; KIRSCHBAUM et al., 1998; MENZEL; SMITH, 2012; TORRES-QUEZADA et al., 2015) e também no Brasil (COCCO et al., 2011; OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2006, 2009) têm mostrado que alta produção precoce pode ser obtida utilizando-se mudas de raízes nuas com coroas grossas ou que foram expostas a baixas temperaturas antes do plantio. No entanto, pouco se sabe sobre o efeito de baixas temperaturas no pré-transplante ou no tamanho da muda com torrão, especialmente no Brasil.

A vernalização consiste em fornecer às mudas condições artificiais para promover a diferenciação das gemas em botões florais, na época em que tais condições não ocorrem naturalmente. Para tanto, as mudas com raízes nuas são acondicionadas em sacos de plástico, para que não percam a umidade e fiquem ressecadas. Em seguida, são colocadas dentro de câmaras frias, com temperatura e umidade do ar controladas. A temperatura deve ser

mantida abaixo de 7 °C, pois essa é a temperatura-base do morangueiro, abaixo da qual são acumuladas unidades térmicas. O número de horas de frio necessárias para acelerar a indução floral e obter um bom desempenho produtivo varia conforme a cultivar, podendo oscilar de 380 horas a 700 horas acumuladas de temperaturas entre 2 °C e 7 °C (SERÇE; HANCOCK, 2005).

Nas condições climáticas brasileiras, são raras as regiões que apresentam mais de 400 horas acumuladas de frio durante os meses de produção das mudas de morangueiro, conforme recomendam Serçe e Hancock (2005). Essa condição, porém, predomina na região da Patagônia, onde são produzidas as mudas de morangueiro do Chile e da Argentina (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2006). Assim, antes do transplante, as mudas brasileiras podem ser vernalizadas em câmaras frias, para antecipar a indução floral da muda e serem obtidas produções mais precoces no inverno, nas regiões com temperaturas mais amenas, situadas em latitudes e altitudes baixas, como é o caso da região de Pelotas, no Rio Grande do Sul.

Segundo Bish et al. (2002), o tamanho do alvéolo pode afetar o crescimento da planta e a produtividade precoce em mudas com torrão. O tamanho do alvéolo usado para a produção de mudas está relacionado com o tempo no qual as mudas permanecem na bandeja. Mudas que permanecerão por até 10 semanas na bandeja deverão ser enraizadas em alvéolos com tamanho de 50 cm<sup>3</sup> a 150 cm<sup>3</sup>. Alvéolos com tamanho grande deverão ser usados quando as mudas permanecerem na bandeja por 3 a 4 meses, para que o sistema radicular cresça e ocupe todo o volume do alvéolo. No Oeste da Europa, as mudas de morangueiro para a produção de frutas em ambiente protegido permanecem por aproximadamente 4 meses em bandejas com células de tamanho entre 280 cm<sup>3</sup> e 300 cm<sup>3</sup>, para crescimento; posteriormente, são transplantadas para a lavoura de produção de frutas. Mudas que cresceram em alvéolos com 300 cm<sup>3</sup> apresentam, no momento do plantio, maior massa seca de parte aérea e de raízes do que aquelas que cresceram em alvéolos com 75 cm<sup>3</sup> ou 150 cm<sup>3</sup> (BISH et al., 2002).

Atualmente, a produção de mudas de morangueiro no Hemisfério Sul pode ser uma boa alternativa para suprir a demanda nos mercados europeus, especialmente no que diz respeito à redução do tempo de armazenamento a frio, de 6 a 7 meses, para apenas 2 meses, em razão das diferenças sazonais. Nesse contexto, o Chile e a Argentina têm produzido e exportado mudas nos últimos anos, não apenas para suprir as demandas nos mercados europeus, mas também para consolidar essa atividade entre os viveiristas da América Latina (PERTUZÉ et al., 2006). No Brasil, as principais ações devem ser direcionadas para as seguintes áreas: a) definição de regiões com condições agroclimáticas favoráveis à produção de

mudas de alta qualidade; b) disponibilização de material básico com fidelidade genética e alto potencial produtivo; c) melhoramento genético para o desenvolvimento de genótipos adaptados às condições climáticas e ambientais de cada região produtora; d) manejo nutricional e fitossanitário adequado durante a formação das mudas; e) vernalização das mudas; e f) acondicionamento apropriado e transporte refrigerado das mudas (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2006).

## Legislação e certificação de mudas no Brasil

Para regulamentar a produção e a comercialização de sementes e mudas no Brasil, em 2003 foi sancionada a lei federal que instituiu o Sistema Nacional de Sementes e Mudas, publicada sob o nº 10.711, cujo objetivo é garantir a identidade e a qualidade do material de multiplicação e de reprodução vegetal produzido, comercializado e utilizado em todo o território nacional, haja vista o reconhecimento da importância do material propagativo para o estabelecimento de produções comerciais, de maneira geral. Posteriormente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), sob o amparo da Lei Federal nº 10.711/2003, aprovou a Instrução Normativa nº 24, de 16 de dezembro de 2005, que fixou as diretrizes básicas a serem obedecidas na produção, na comercialização e na utilização de mudas, em todo o território nacional, visando garantir sua identidade e sua qualidade. Mais recentemente, em 2012, o Mapa estabeleceu as normas para a produção e a comercialização de material de propagação de morangueiro nas categorias “muda” e “muda certificada” (in vitro e convencional), por meio da Instrução Normativa nº 28, de 18 de setembro de 2012 (BRASIL, 2012). O objetivo dessa instrução normativa é especificar a regra geral estabelecida pela Instrução Normativa nº 24/2005, para a produção, a comercialização e a utilização de mudas, bem como disponibilizar os modelos de formulários para a certificação de mudas de morangueiro. Oliveira e Scivittaro (2006) descrevem que o setor de produção de mudas de morangueiro no Brasil apresenta quatro situações distintas em relação à origem das mudas para o plantio comercial: a) produtores que utilizam mudas importadas, principalmente do Chile e da Argentina; b) produtores que comprem mudas de viveiristas registrados no País; c) produtores que comprem matrizes de laboratórios e produzem as próprias mudas; e d) produtores que produzem as próprias mudas a partir de material da lavoura.

Em sua grande maioria, as mudas de morangueiro produzidas no Brasil não atendem ao padrão de certificação, tanto em termos fitossanitários quanto em relação a vigor e

tamanho. Em todo o país, são escassos os viveiros comerciais que implementam o processo de certificação de mudas.

A certificação de mudas atesta a conformidade do seu processo de produção e o controle de qualidade em todas as etapas do ciclo, o que inclui o conhecimento da origem genética e o acompanhamento de gerações. Esse processo pode ser realizado pelo Mapa ou por entidades credenciadas.

A legislação vigente estabelece padrões de qualidade para as mudas certificadas no Brasil (Tabela 1). Segundo a legislação atual, mudas comerciais devem ter um diâmetro de coroa mínimo de 5 mm (BRASIL, 2012), valor esse inferior à recomendação de alguns países, como Argentina e Estados Unidos, que é de 8 mm (PERTUZÉ et al., 2006; TORRES-QUEZADA et al., 2015). Em decorrência disso, uma grande quantidade de mudas é importada do Chile e da Argentina. O produtor de mudas de morangueiro deverá solicitar a inscrição do viveiro ao órgão de fiscalização da unidade da Federação onde o viveiro estiver localizado, anualmente, até 15 dias após o início da atividade de produção, caracterizada pelo plantio do material de propagação.

No que diz respeito à produção nacional de mudas, muitos viveiristas não utilizam as tecnologias disponíveis por falta de conhecimento; outros, pelo elevado custo do sistema de certificação; e há ainda aqueles que sequer possuem registro como produtor de mudas. Essa situação agrava ainda mais o problema da disponibilidade de mudas nacionais de qualidade, tornando urgente a busca por melhoria nas técnicas de cultivo de plantas-matrizes em viveiros e a identificação das áreas potenciais para a produção de mudas de qualidade.

A produção de mudas de acordo com um sistema de certificação deve ser feita a partir de material básico certificado, proveniente de plantas-matrizes selecionadas, registradas, com garantida identidade varietal, isentas de viroses e monitoradas periodicamente. A planta-matriz deverá ser composta por plantas cujo material de propagação se originou de planta básica, por meio de propagação *in vitro*. A origem do material propagativo usado para sua formação tem de provir, comprovadamente, de materiais básicos ou certificados, a totalidade dos viveiros deverá ser inspecionada, e a muda deverá ser aprovada pela entidade certificadora. Dessa forma, passa a ter sua qualidade assegurada não só pelo viveirista, mas também avalizada pela entidade certificadora. Assim, as mudas certificadas são as únicas que oferecem garantia quanto às melhores características genéticas, fitotécnicas e fitossanitárias (OLIVEIRA et al., 2005).

**Tabela 1.** Padrões de produção e comercialização de material de propagação de morangueiro.

Categoria	Planta básica	Planta-matriz	Jardim clonal, campo de plantas <sup>(1)</sup> e muda certificada	Muda comercial
Parâmetros	Padrão			
Fora de tipo – plantas atípicas <sup>(2)</sup> (% máxima)	Zero	2%	3%	4%
Área máxima da gleba para vistoria (ha)	-	0,5%	0,5%	0,5%
Número mínimo de vistorias <sup>(3) (4)</sup>	1	1	2	2
Prazo máximo para solicitação de inscrição do viveiro (dias após o plantio)	-	-	15	15
Diâmetro da coroa (mínimo, em mm)	-	3	5	5
<b>Raiz principal</b>				
Número mínimo	-	3	5	5
Comprimento mínimo (cm)	-	3	5	5
Plantas fora do padrão <sup>(5)</sup> (% máxima)	-	5	8	10

<sup>(1)</sup> Campo de plantas fornecedoras de material de propagação sem origem genética comprovada.

<sup>(2)</sup> Planta da mesma espécie, que apresenta qualquer característica que não coincida com os descritores da cultivar.

<sup>(3)</sup> As vistorias obrigatórias deverão ser realizadas pelo responsável técnico do produtor ou do certificador, mediante a emissão de laudo de vistoria, conforme modelos constantes nos Anexos VI e VII, nas seguintes fases: a) na pré-coleta do material de propagação (meristemas), quando se tratar de plantas básicas; b) na pré-comercialização, quando se tratar de plantas-matrizes; e c) entre 60 e 90 dias após o plantio e na pré-comercialização, quando se tratar de jardim clonal, campo de plantas fornecedoras de material de propagação sem origem genética comprovada, muda certificada e muda.

<sup>(4)</sup> A vistoria na unidade de propagação in vitro obedecerá ao estabelecido em normas específicas.

<sup>(5)</sup> Porcentual de plantas que não atingiram os parâmetros estabelecidos nos itens “Raiz principal” e “Plantas fora do padrão”.

Fonte: Brasil (2012).

Um programa de certificação de mudas de morangueiro produzidas sob legislação específica tem, como vantagem principal, organizar todo um sistema envolvendo as instituições de pesquisa geradoras das cultivares e responsáveis pela transferência de tecnologia, com a extensão rural, a defesa vegetal e os viveiristas. Dessa forma, o produtor vai dispor de mudas de alta qualidade, com a certeza de que não haverá plantas de outras variedades misturadas e de que não estará trazendo doenças e viroses para sua lavoura.

Na Europa, a cada ano, vem se afirmando a imagem de viveiristas a serviço dos produtores, para os quais o fornecimento de mudas é um segmento conjunto às informações

sobre escolha de variedades, assistência técnica, manejo e colocação da fruta no mercado. Toda a cadeia produtiva é trabalhada de forma conjunta, e as mudas são consideradas como insumo importante e indispensável para o bom andamento da mesma cadeia produtiva (FAEDI, 2010).

No Brasil, a utilização por viveiristas de métodos de propagação tradicionais, em campo, ou o hábito do produtor de fazer a própria muda e, em certos casos, até mesmo a falta de estrutura pública e/ou privada com plantas-matrizes selecionadas, indexadas e controladas, não têm permitido, nos últimos anos, a produção e a oferta de mudas certificadas ou fiscalizadas, com qualidade assegurada.

A certificação de mudas de morangueiro deverá se consolidar também no Brasil, ao longo dos anos, a exemplo do que já ocorre na Europa e nos Estados Unidos. Com isso, o produtor de frutas amplia a possibilidade de formar sua lavoura com mudas de alta qualidade, da cultivar que adquiriu, sem mistura varietal, e também com qualidade sanitária assegurada, isentas de patógenos sistêmicos e de solo, que possam futuramente vir a comprometer a formação e a produção das plantas.

A Instrução Normativa nº 28/2012 (BRASIL, 2012), Anexo XIV, estabelece que a produção de material de propagação de morangueiro deverá atender aos parâmetros listados na Tabela 1.

## Referências

- ANDRIOLO, J. L. Preparo e manejo da solução nutritiva na produção de mudas e de frutas do morangueiro. In: SEMINÁRIO SOBRE O CULTIVO HIDROPÔNICO DO MORANGUEIRO, 2007, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2007. p. 41-50.
- ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J. Importância. In: PEREIRA, D. P.; BANDEIRA, D. L.; QUINCOZES, E. da R. F. (Ed.). **Sistemas de produção do morango**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2005. (Sistema de produção, 5). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/index.htm>>. Acesso em: 14 set. 2009.
- ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v. 13, n. 1-2, p. 156-161, 2013.
- ASSIS, M. D. Produção de plantas matrizes. In: CARVALHO, S. P. D. (Coord.). **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 23-25.
- BETTI, J. A.; PASSOS, F. A.; TANAKA, M. A. S. Produção de mudas sadias de morangueiro. In: TRANI, P. E.; MACEDO A. C. (Ed.). **Manejo integrado de pragas e doenças do morangueiro**. São Paulo: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 55-61.
- BISH, E. B.; CANTLIFFE, D. J.; CHANDLER, C. K. A system for producing large quantities of greenhouse grown strawberry plantlets for plug production. **HortTechnology**, v. 11, n. 4, p. 636-638, 2001.

BISH, E. B.; CANTLIFFE, D. J.; CHANDLER, C. K. Temperature conditioning and container size affect early season fruit yield of strawberry plug plants in a winter, annual hill production system. **HortScience**, v. 37, n. 5, p. 762-764, 2002.

BISH, E. B.; CANTLIFFE, D. J.; HOCHMUTH, G. J.; CHANDLER, C. K. Development of containerized strawberry transplants for Florida's winter production system. **Acta Horticulturae**, v. 439, p. 461-468, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 28, de 18 de setembro de 2012. Estabelecer as normas para a produção e comercialização de material de propagação de morangueiro [...] e os seus padrões, [...], visando à garantia de sua identidade e qualidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 set. 2012. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Portaria nº 172, de 04 de agosto de 2011**. [Brasília, DF, 2011]. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

CAMARGO FILHO, W. P.; MAZZEI, A. R.; CAMARGO, A. M. P.; ANAPALOS, L. C. Estacionalidade dos preços e das quantidades de frutas olerícolas: melancia, melão e morango, 1987 - 91. **Horticultura Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 75, 1994.

CARBONARI, R. **Produção do morango (*Fragaria ssp.*) em função do processamento de mudas e épocas de plantio**. 1978. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARVALHO, S. P. D. Produção de mudas de morango. In: CARVALHO, S. P. D. (Coord.). **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 27-28.

CHANDLER, C. K.; ALBREGTS, E. E.; HOWARD, C. M.; DALE, A. Influence of propagation site on the fruiting of three strawberry clones grown in a Florida winter production system. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 102, p. 310-312, 1989.

COCCO, C.; ANDRIOLO, J. L.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L.; SCHMITT, O. J. Crown size and transplant type on the strawberry yield. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 4, p. 489-493, 2011.

COCCO, C.; ANDRIOLO, J. L.; ERPEN, L.; CARDOSO, F. L.; CASAGRANDE, G. S. Development and fruit yield of strawberry plants as affected by crown diameter and plantlet growing period. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 7, p. 730-736, 2010.

COMISSÃO ESTADUAL DE SEMENTES E MUDAS DO RIO GRANDE DO SUL. **Normas e padrões de produção de mudas de fruteiras para o Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CESM, 1998. 100 p.

DUARTE FILHO, J.; CUNHA, R. J. P.; ALVARENGA, D. A.; PEREIRA, G. E.; ANTUNES, L. E. C. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 30-35, 1999.

DURNER, E. F.; POLING, E. B.; MAAS, J. L. Recent advances in strawberry plug transplant technology. **HortTechnology**, v. 12, n. 4, p. 545-550, 2002.

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. **Certification schemes: pathogen-tested strawberry**. Paris: EPPO, 2004. 11 p.

FABY, R. The productivity of graded "Elsanta" frigo plants from different origin. **Acta Horticulturae**, v. 439, p. 449-455, 1996.

FAEDI, W. (Coord.). **La fragola**. Bologna: Ed. Script, 2010. p. 149-171. (Collana Coltura & Cultura).

FORTES, G. R. L. Produção de mudas básicas. In: SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. (Ed.). **Morango: produção**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 31-34. (Frutas do Brasil, 40).



- GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J. L.; JANISCH, D.; COCCO, C.; PICIO, M. D. Cell size in trays for the production of strawberry plug transplants. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 726-729, 2009.
- GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J. L.; JANISCH, D.; GODOL, R. Closed soilless growing system for producing strawberry bare root transplants and runner tips. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1757-1761, 2008.
- JAHN, O. L.; DANNA, M. N. Dormancy and growth of the strawberry plant. **Proceeding of American Society of Horticulture Science**, v. 89, p. 322-330, 1966.
- JAHN, O. L.; DANNA, M. N. Effects of cultivar and plant age on vegetative growth of the strawberry, *Fragaria ananassa*. **American Journal of Botany**, v. 57, n. 8, p. 993-999, 1970.
- JANSEN, W. A. G. M. Growing media and plant densities for strawberry tray plants. **Acta Horticulturae**, v. 439, p. 457-460, 1997.
- KATERJI, N.; HOORN, J. W. van; HAMDY, A.; MASTRORILLI, M. Salt tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress day index. **Agricultural Water Management**, v. 43, n. 1, p. 99-109, 2000.
- KIRSCHBAUM, D. S.; CANTLIFFE, D. J.; DARNELL, R. L.; CHANDLER, C. K. Propagation site latitude influences initial carbohydrate concentration and partitioning, growth, and fruiting of 'Sweet Charlie' strawberry (*Fragaria x Ananassa* Duch.) transplants grown in Florida. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 111, p. 93-96, 1998.
- KIRSCHBAUM, D. S.; LARSON, K. D.; WEINBAUM, S. A.; DEJONG, T. M. Accumulation pattern of total nonstructural carbohydrate in strawberry runner plants and its influence on plant growth and fruit production. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 96, p. 16253-16262, 2012.
- LIETEN, F. La fragola in Belgio-Olanda. In: FAEDI, W. (Ed.). **La Fragola verso il 2000**: Convegno Nazionale. Verona: Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura, 1998. p. 83-94.
- LIETEN, F. Recent advances in strawberry plug transplant technology. **Acta Horticulturae**, v. 513, p. 383-388, 2000.
- LIETEN, F. Relationship of digging date, chilling and root carbohydrate content to storability of strawberry plant. **Acta Horticulturae**, v. 439, p. 623-626, 1997.
- LIETEN, F. Short cut strawberry propagation. **Grower**, n. 121, p. 35, 1994.
- LIETEN, F.; LONGUESSERRE, J.; BARUZZI, G.; LOPEZ-MEDINA, J.; NAVATEL, J. C.; KRUEGER, E.; MATALA, V.; PAROUSSI, G. Recent situation of strawberry substrate culture in Europe. **ISHS Acta Horticulturae**, v. 649, p. 193-196, 2004.
- MAAS, J. L. Opportunities to reduce the potential for disease infection and spread with strawberry plug plants. **Acta Horticulturae**, v. 513, p. 409-414, 2000.
- MENZEL, C. M.; SMITH, L. Relationship between the levels of non-structural carbohydrates, digging date, nursery-growing environment, and chilling in strawberry transplants in a subtropical environment. **HortScience**, v. 47, n. 4, p. 459-464, 2012.
- MUSACCHI, S.; MUSACCHI, D. Aggiornamenti della tecnica colturale della fragola nelle aree meridionali. In: FAEDI, W. (Ed.). **La Fragola verso il 2000**: convegno nazionale. Verona: Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura, 1998. p. 167-177.
- OLIVEIRA, R. P.; NINO, A. F. P.; SCIVITTARO, W. B. Mudás certificadas de morangueiro: maior produção e melhor qualidade da fruta. **A Lavoura**, v. 108, n. 655, p. 35-38, 2005.
- OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Desempenho produtivo de mudas nacionais e importadas de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 520-522, 2006.
- OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 91-95, 2009.

PALENCIA, P.; MARTÍNEZ, F.; MEDINA, J. J.; LÓPEZ-MEDINA, J. Strawberry yield efficiency and its correlation with temperature and solar radiation. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 93-99, 2013.

PALHA, M. G. S.; TAYLOR, D. R.; MONTEIRO, A. A. The effect of digging date and chilling history on root carbohydrate content and cropping of 'Chandler' and 'Douglas' strawberries in Portugal. **Acta Horticulturae**, v. 567, p. 511-514, 2002.

PALHA, M. G.; MONTEIRO, A. A. Influence of digging date at the nursery and cold storage treatment in the strawberry flower development. **Acta Horticulturae**, v. 15, p. 447-452, 1997.

PERTUZÉ, R.; BARRUETO, M.; DIAZ, V.; GAMARDELLA, M. Evaluation of strawberry nursery management techniques to improve quality of plants. **Acta Horticulturae**, v. 708, p. 245-248, 2006.

RAHMAN, M. M.; RAHMAN, M. M.; HOSSAIN, M. M.; KHALIQ, Q. A.; MONIRUZZAMAN, M. Effect of planting time and genotypes growth, yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Scientia Horticulturae**, v. 167, p. 56-62, 2014.

RESENDE, L. M. A.; MASCARENAS, M. H. T.; PAIVA, B. M. Panorama da produção e comercialização do morango. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 5-19, 1999.

ROBERTSON, M. Studies in the development of the strawberry: III. Flower-bud initiation and development in large-fruited perpetual "Remontant" strawberries. **Journal of Horticultural Science**, v. 30, n. 1, p. 62-68, 1955.

RODRÍGUEZ, J. P. Manejo del cultivo. In: TORCHELLI, J. C.; FERREYRA, A. (Ed.). **Producción de frutilla: proyecto de diversificación productiva**. Asunción: Instituto Agronomico Nacional, 1997. (Serie B, n. 6).

SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. (Ed.). **Morango: produção**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 31-34. (Frutas do Brasil, 40).

SERÇE, S.; HANCOCK, J. F. The temperature and photoperiod regulation of flowering and runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana* and *F. x ananassa*. **Scientia Horticulturae**, v. 103, n. 2, p. 167-177, 2005.

TESSAROLI NETO, J. **Produção de mudas de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) sob cultivo protegido**. 2001. 75 f. Tese (Livre-Docente em Produção Vegetal) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TORRES-QUEZADA, E. A.; ZOTARELLI, L.; WHITAKER, V. M.; SANTOS, B. M.; HERNANDEZ-OCHOA, I. Initial crown diameter of strawberry bare-root transplants affects early and total fruit yield. **HortTechnology**, v. 25, n. 2, p. 203-208, 2015.

VERDIAL, M. F.; TESSARIOLI NETO, J.; MINAMI, K.; SCARPARE FILHO, J. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SCARPARE, F. V.; BARELA, J. F.; DEL AGUILA, J. S.; KLUGE, R. A. Fisiologia de mudas de morangueiro produzidas em sistema convencional e em vasos suspensos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 524-531, 2009.

VERDIER, M. **Cultivo del fresón en climas templados**. Provincial de Huelva: Caja Rural, 1987. 214 p.

WREGG, M. S.; REISSER JÚNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; OLIVEIRA, R. P. de; HERTER, F. G.; STEINMETZ, S.; GARRASTAZU, M. C.; MATZENAUER, R.; JOÃO, P. L.; SANTOS, A. M. dos. **Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 187).

WREGG, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de. (Ed.). **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 333 p.



CAPÍTULO

# 6

## Marcadores moleculares

Sandro Bonow  
Ana Claudia Barneche de Oliveira



## Introdução

O morangueiro pertence à família Rosaceae, gênero *Fragaria*, sendo conhecidas 24 espécies. Dessas, 12 são diploides ( $2n = 6x = 42$ ), cinco são tetraploides ( $2n = 4x = 28$ ), uma é hexaploide ( $2n = 6x = 42$ ), duas são octoploides ( $2n = 8x = 56$ ), uma é decaploide e três são espécies híbridas. A espécie *Fragaria x ananassa*, octoploide, é cultivada no mundo inteiro, sendo originária de um híbrido entre *F. chiloensis* e *F. virginiana* (NJUGUNA, 2010).

No mundo, estima-se que existam mais de 100 programas de melhoramento genético de morangueiro, os quais procuram, entre outras características, cultivares superiores em sabor e textura, que sejam resistentes aos principais estresses bióticos e abióticos, que permitam o aumento do período de colheita e que proporcionem maior período de prateleira pós-colheita (FAEDI et al., 1999). Para que esses objetivos possam ser alcançados, os programas de melhoramento genético têm utilizado todo germoplasma e conhecimentos disponíveis. Nesse contexto, as pesquisas com morangueiro têm sido beneficiadas com a utilização de ferramentas biotecnológicas, entre as quais se destacam os marcadores moleculares.

## Principais classes de marcadores moleculares utilizadas em morangueiro

Várias classes de marcadores moleculares têm sido utilizadas em estudos envolvendo morangueiro. Entre elas destacam-se: *random amplified polymorphic DNA* (RAPD), *amplified fragment length polymorphism* (AFLP), *inter simple sequence repeat* (ISSR) e microssatélites (*simple sequence repeat* – SSR).

Os marcadores RAPD são de rápida detecção e, como grande vantagem, não exigem conhecimento prévio das sequências para a síntese dos *primers* (sequências flanqueadoras à região-alvo a ser amplificada). Em morangueiro, foram utilizados principalmente em análises envolvendo taxonomia e diversidade genética (GIDONI et al., 1994; HANCOCK et al., 1994; LEVI; ROWLAND, 1997). Nesses estudos, em sua maioria, esses marcadores mostraram-se eficientes para a caracterização das cultivares. Apesar disso, atualmente, seu uso é muito raro, pois apresentam como principal desvantagem os baixos níveis de reprodutibilidade dentro e entre laboratórios, o que dificulta a comparação de resultados gerados por diferentes laboratórios. Além disso, são marcadores dominantes e não *locus* específico, o que reduz a utilidade para a caracterização e a identificação de cultivares (GARCIA et al., 2002).

Outros marcadores utilizados com destaque são os AFLP. Esse tipo de marcador caracteriza-se por ser um marcador dominante, exigir DNA com alta pureza e ser altamente reproduzível entre laboratórios (JONES et al., 1997). Além disso, não necessita de conhecimento prévio de sequências genômicas para a construção de *primers*. Potencialmente, apresenta um grande número de bandas polimórficas, sendo muito informativo. Degani et al. (2001) publicaram o primeiro artigo sobre o uso de AFLP em morango. Nele foram comparadas as relações genéticas de 19 genótipos de morangueiro, baseadas na ancestralidade, em dados de RAPD e em dados de AFLP. Depois dele, outros estudos foram conduzidos, como o de autoria de Tyrka et al. (2002). Segundo Njuguna (2010), embora vários avanços tenham ocorrido com a técnica de AFLP nos últimos anos, como a eliminação do uso da radioatividade, RAPD tem sido mais utilizado do que AFLP, tanto na identificação de cultivares quanto na análise de diversidade em germoplasma de morangueiro.

Atualmente, os microssatélites (SSR) têm sido utilizados amplamente em morangueiro. Inicialmente, os microssatélites possuíam uma grande limitação, que era a exigência da disponibilidade de *primers*, os quais deviam ser desenvolvidos por meio da construção de bibliotecas genômicas. Atualmente, essa limitação foi superada em virtude da disponibilidade de um grande número de *primers* para marcadores microssatélites em morango, o que ocorreu graças à construção de várias bibliotecas genômicas (ASHLEY et al., 2003; CIPRIANI; TESTOLIN, 2004; HADONOU et al., 2004; JAMES et al., 2003; LEWERS et al., 2005; MONFORT et al., 2006; SARGENT et al., 2003).

Outra fonte de sequências de *primers* resultou de estudos de transferabilidade de marcadores com base naqueles desenvolvidos em espécies ou gêneros relacionados. Como exemplo há os relatos de Gasic et al. (2009), Mneja et al. (2010) e Park et al. (2010). Além disso, alguns relatos, como o de Gil-Ariza et al. (2006), mostram o uso de microssatélites em regiões expressas – são os denominados EST-SSR. No estudo, os autores utilizaram 10 EST-SSR derivados de *Fragaria x ananassa*. Esses marcadores mostraram altos níveis de polimorfismo dentro de cultivares de morangueiro e entre espécies de *Fragaria*, indicando o potencial para estudos genéticos não somente em morango, mas também em outras espécies dentro do gênero.

Os ISSR são outra classe de marcadores para os quais são encontrados relatos de uso com morango. Os trabalhos com essa classe restringem-se, porém, à análise da diversidade (CARRASCO et al., 2007; DEBNATH et al., 2008; MORALES, 2010).



## Principais aplicações dos marcadores moleculares em morango

Em morango, os principais estudos com marcadores moleculares concentram-se na análise da diversidade genética, na identificação de cultivares, na construção de mapas genéticos e na seleção assistida por marcadores moleculares.

### Diversidade genética

Uma das principais aplicações dos marcadores moleculares em morango tem sido a análise da diversidade genética. A caracterização de germoplasma utilizando marcadores moleculares tem ampliado o conhecimento sobre populações naturais, principalmente de *F. chiloensis* e *F. virginiana*, considerados como parte do *pool* gênico primário da cultura e, conseqüentemente, importantes para uso facilitado em programas de melhoramento genético. Carrasco et al. (2007) utilizaram marcadores ISSR para acessar a diversidade genética de 216 acessos de *F. chiloensis*. Os resultados mostraram alta diversidade genética no que concerne à espécie. O mesmo tipo de marcador, ISSR, foi utilizado por Debnath et al. (2008) para estimar a diversidade genética de cultivares de morango e linhas melhoradas em programa de melhoramento no Canadá.

Muitos desses estudos mostraram que, quando comparados com germoplasma utilizado dentro dos programas de melhoramento genético, acessos silvestres são uma potencial fonte de variabilidade genética. Exemplo disso foi o estudo conduzido por Becerra et al. (2005), os quais analisaram, utilizando marcadores AFLP, a diversidade genética de 61 genótipos, que representavam as regiões geográficas e as regiões climáticas nas quais o morango foi encontrado no Chile. Entre os acessos de *F. chiloensis*, foi encontrada uma alta variabilidade, que é largamente distribuída geograficamente, indicando uma importante fonte de variabilidade genética aos melhoristas.

Nos últimos anos, vários trabalhos foram conduzidos visando também à análise da diversidade genética em genótipos cultivados. Radmann et al. (2006), utilizando RAPD, avaliaram a diversidade genética de dez cultivares de morango plantadas no Brasil. Foram analisados 26 *primers*, que separaram as cultivares em dois grupos, baseados na similaridade genética: um grupo com as cultivares destinadas à industrialização e outro com as cultivares destinadas ao mercado *in natura*.

Morales (2010) avaliou, por meio de marcadores moleculares RAPD e marcadores ISSR, a divergência genética de 11 cultivares de morangueiro cultivadas no Brasil. A análise dos dados gerados com base na análise de marcadores RAPD separou as cultivares em três grupos, enquanto os marcadores ISSR separaram os marcadores em dois grupos, não existindo relação direta na comparação dos dois grupos. Segundo os autores, o agrupamento gerado pelo método ISSR foi mais coerente com a origem e a genealogia das cultivares do que aquele proposto pelo método RAPD, podendo ser considerado mais eficiente no estudo da divergência genética do morangueiro.

Além dos trabalhos citados acima, existe uma série de outros relatos de estudos visando à análise da diversidade genética na literatura mundial, entre os quais se destacam aqueles realizados por Sjulín e Dale (1987), Harrison et al. (1997) e Milella et al. (2006).

Com a evolução dos programas de melhoramento, é esperada a redução na diversidade genética, especialmente dentro de uma cultura recentemente domesticada. Dessa maneira, é importante permanecer alerta, monitorar a diversidade do germoplasma dos programas de melhoramento e conhecer a diversidade genética disponível, visando assegurar a introdução de novos alelos, sempre que necessário (WHITAKER, 2011).

## Identificação de cultivares

Novas plantas são, de forma corriqueira, clonalmente propagadas para a produção de mudas. No processo de propagação, a manutenção da integridade genética é essencial, pois os produtores de mudas e os de frutas compram determinada variedade com a expectativa de cultivar um genótipo com potenciais e limitações conhecidos. Certas características – como tempo para florescimento e colheita, qualidade da fruta e suscetibilidade a doenças, que estão entre as principais – levam o produtor a preferir uma determinada cultivar em detrimento de outra.

As cultivares de morango atualmente plantadas apresentam uma estreita base genética, tendo aproximadamente 50 genótipos como base (DALE; SJULIN, 1990). Esse fato acarreta uma grande similaridade morfológica entre as cultivares, principalmente durante a fase vegetativa. Por isso, distinguir um genótipo de outro é difícil até mesmo para os olhos treinados de um melhorista. Além disso, os descritores morfológicos podem variar de acordo com as condições ambientais e as práticas culturais. Segundo relata Brunings et al. (2010), em 2007, um erro praticado no Sudeste dos Estados Unidos induziu a entrega de

plantas identificadas incorretamente, o que acarretou substanciais perdas para o produtor. Assim, é muito importante contar com um método eficiente de identificação de cultivares de morango. No momento, a identificação de cultivares por meio de marcadores moleculares é considerada a principal e a mais difundida aplicação dos marcadores moleculares em morango.

Várias classes de marcadores – RAPD, AFLP, ISSR e microssatélites – foram utilizadas para identificar cultivares. Congiu et al. (2000) utilizaram marcadores RAPD para a identificação de cultivares de morango. As evidências produzidas foram aceitas em um processo judicial que envolveu a utilização de uma variedade patenteada de forma indevida. Gidoni et al. (1994) e Kuras et al. (2004) têm trabalhos com RAPD, Arnau et al. (2002) com ISSR e Tyrka et al. (2002) com AFLP.

Embora os trabalhos mencionados tenham confirmado a utilidade de várias classes de marcadores, a abundância de *primers* disponíveis, a variabilidade alélica e o caráter codominante têm feito dos microssatélites os marcadores preferidos em estudos de identificação de cultivares.

Assim, havendo já um grande número de marcadores moleculares disponíveis para uso em morango, segundo Whitaker (2011), o próximo passo seria naturalmente a identificação de um pequeno grupo de marcadores que fossem altamente reprodutíveis entre laboratórios. Govan et al. (2008) encontraram 10 *primers* flanqueadores a regiões microssatélites altamente polimórficas. Esses marcadores, quando utilizados para caracterizar 60 genótipos de morango, foram capazes de distinguir todos os genótipos analisados, incluindo cultivares oriundas dos mesmos parentais. Os autores ainda relatam que os referidos *primers* foram combinados em três reações multiplex e representam uma opção de identificação de cultivares.

O mesmo grupo de *primers* recomendado por Govan et al. (2008) foi estudado por Brunings et al. (2010). Eles empregaram nove *primers* microssatélites para caracterizar importantes cultivares plantadas na Flórida, Estados Unidos, além de seleções avançadas do programa de melhoramento de morango da Universidade da Flórida para determinar a utilidade desse grupo de *primers* em uma população distinta da inicialmente utilizada. Foi possível a identificação e a individualização de todas as cultivares estudadas. Esse resultado mostra a potencialidade da utilização dos marcadores moleculares, particularmente os microssatélites, na identificação de cultivares de morango.

Também com foco nesse cenário, a Universidade da Califórnia desenvolveu, em 2007, o que denominou de Novo Sistema para Identificação de Cultivares de Morango, desenvolvido pela Foundation Plant Services (FPS) (DANGL et al., 2008). Esse sistema é baseado na análise de um grupo predefinido de microssatélites. Os autores, inicialmente, testaram um grupo de 16 *primers* flanqueadores de microssatélites previamente publicados, e concluíram que todos os *primers* testados amplificaram fragmentos com consistência, produzindo picos de tamanhos variáveis em 45 cultivares e seleções estudadas. Um único *primer* encontrou 29 perfis únicos nos 45 genótipos testados. Todas as cultivares puderam ser individualizadas facilmente com o uso de outros três *primers* (DANGL et al., 2008). O sistema proposto analisou os fragmentos como marcadores dominantes. Em virtude da alta especificidade dos marcadores, esse sistema é altamente apurado e reproduzível entre laboratórios. Um eficiente sistema para a identificação rotineira de cultivares de morango necessita de um protocolo uniforme, que produza picos consistentes, com padrões que sejam altamente variáveis dentro da população a ser testada. É interessante considerar o aspecto do nível de ploidia do morango, octoploide, o que, por vezes, pode dificultar a interpretação dos dados obtidos.

Atualmente, o FPS possui um banco de dados com padrões moleculares (*fingerprinting*) de mais de 40 cultivares, sendo essa ferramenta usada rotineiramente como medida de controle de qualidade (IMPACT, 2011). Esse serviço de identificação de cultivares de morango é oferecido pelo FPS para produtores, melhoristas, indústrias e outros interessados. Apesar de esse teste ser eficiente para essa finalidade, apresenta algumas limitações. Por exemplo, a identificação da variedade não poderá ser realizada se o padrão molecular encontrado na amostra não for compatível com o banco de dados disponível. A tecnologia não identifica variantes dentro de uma variedade, principalmente se oriundas de variação somaclonal.

Os microssatélites são especialmente úteis na análise de cultivares de morango em virtude de a espécie possuir um genoma octoploide (ASHLEY et al., 2003).

## Mapas genéticos/sequenciamento

Em morango, o primeiro mapa genético foi construído com diploides, utilizando-se uma população  $F_2$  oriunda de um cruzamento entre acessos de *F. vesca*, e recorrendo-se ao emprego de marcadores RAPD (DAVIS; YU, 1997). Para octoploides utilizando germoplasma cultivado, o primeiro mapa genético foi construído usando marcadores AFLP

(LERCETEAU-KÖHLER et al., 2003). Em 2004, foi construído um mapa utilizando marcadores microssatélites. Neste último, foram mapeados inicialmente 68 microssatélites e seis marcadores de genes específicos em uma população de 94 *seedlings*, os quais foram obtidos de um cruzamento interespecífico entre diploides *F. vesca* e *F. bucharica* L. (FV x FB). Esse é, atualmente, o mapa de referência em morango. Novos microssatélites, desenvolvidos em estudos recentes (BASSIL et al., 2006; LEWERS et al., 2005; MONFORT et al., 2006), foram agregados a esse mapa de referência proposto por Sargent et al. (2004), aumentando a sua densidade de marcadores. O mapa de referência (FV x FB) tem sido utilizado em vários estudos, como os de Nier et al. (2006) e Sargent et al. (2009). Atualmente, o mapa possui 296 marcadores, sendo 270 microssatélites e 22 marcadores gene-específico (WHITAKER, 2011). Esse mapa é uma importante fonte de informações para vários estudos que utilizam marcadores moleculares.

O sequenciamento do genoma do morango foi publicado em 2010 (SHULAEV et al., 2010). Foi sequenciado o genoma diploide de *F. vesca* e foram identificados preliminarmente 34.809 genes.<sup>1</sup>

## Seleção assistida por marcadores moleculares

Vários estudos têm sido conduzidos visando à identificação de marcadores moleculares ligados a características de interesse. Neles, grande atenção tem sido concentrada na busca de marcadores associados à resistência a doenças, a exemplo dos estudos conduzidos por Haymes et al. (1997, 2000) e Weg (1997), os quais tinham como objetivo a procura de marcadores moleculares associados a regiões genômicas envolvidas com a resistência a *Phytophthora fragariae*. Na mesma linha, outros estudos (DENOYES-ROTHAN et al., 2005); (LERCETEAU-KÖHLER et al., 2005) foram conduzidos com o propósito de buscar marcadores associados à resistência a *Colletotrichum acutatum*, causador da antracnose.

Outra característica de interesse para a qual foram conduzidos estudos buscando associação entre marcador e característica foi à sensibilidade ao fotoperíodo. Estudos com esse objetivo foram conduzidos por Albani et al. (2004), Shaw e Famula (2005), Sugimoto et al. (2005) e Weebadde et al. (2008). Além dessa característica, a esterilidade floral, da parte masculina ou feminina, foi estudada em dois trabalhos de Spigler et al. (2008, 2010). Além dessas, foram procurados marcadores relacionados à cor do fruto (DENG; DAVIS, 2001).

<sup>1</sup> As informações oriundas do sequenciamento estão disponíveis em: <<http://www.strawberrygenome.org/>>.

Ressalte-se que a maioria dos estudos envolvendo a busca de marcadores associados a características de interesse foi realizada em diploides, principalmente *F. vesca*.

Tem sido pouco observado o uso da seleção assistida por marcadores moleculares em programas de melhoramento genético de morango. Sua utilização tem se concentrado no setor privado, no qual marcadores estão sendo usados principalmente para auxiliar a selecionar genótipos resistentes a doenças. Um dos motivos da pouca utilização tem sido a falta de marcadores ligados diretamente às características de interesse e que sejam de fácil obtenção. Essa constatação foi obtida por estudos conduzidos por Byrne (2007) e Bassil e Lewers (2009), quando, por meio de questionário respondido por melhoristas da área, avaliaram o cenário mundial. Além disso, concluíram que as características de maior interesse para o uso de seleção assistida como ferramenta auxiliar são a resistência a doenças e a qualidade da fruta.

Uma iniciativa visando à obtenção de marcadores moleculares para uso em seleção assistida, inicialmente para a qualidade da fruta, consolidou-se no projeto denominado Rosebreed<sup>2</sup>, conduzido de forma colaborativa por melhoristas de várias universidades americanas. Nesse projeto, os principais genótipos de interesse dos programas de melhoramento das instituições envolvidas no projeto estão sendo fenotipados em múltiplos locais. Simultaneamente, estão sendo gerados marcadores *Single nucleotide polymorphism* (SNP) visando à procura de associação entre marcador e característica.

## Considerações finais

Atualmente, o principal uso dos marcadores moleculares em morango concentra-se na análise da diversidade genética, no mapeamento genético e na identificação de cultivares. Dentro dessas, segundo Whitaker (2011), a identificação de cultivares é a de mais importante emprego, principalmente em questões que envolvam a proteção de cultivares e a confirmação da identidade genética de genótipos oriundos de ciclos de multiplicação assexuada.

## Referências

ALBANI, M. C.; BATTEY, N. H.; WILKINSON, M. J. The development of ISSR-derived SCAR markers around the seasonal flowering locus (sfl) in *Fragaria vesca*. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 109, n. 3, p. 571-579, 2004.

---

<sup>2</sup> Disponível em: <[www.rosbreed.org](http://www.rosbreed.org)>.

ARNAU, G.; LALLEMANT, J.; BOURGOIN, M. Fast and reliable strawberry cultivar identification using inter simple sequence repeat (ISSR) amplification. **Euphytica**, v. 129, n. 1, p. 69-79, 2002.

ASHLEY, M.; WILK, J.; STYAN, S.; CRAFT, K.; JONES, K.; FELDHEIM, K.; LEWERS, K.; ASHMAN, T. High variability and disomic segregation of microsatellites in the octoploid *Fragaria virginiana* Mill. (Rosaceae). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 107, n. 7, p. 1201-1207, 2003.

BASSIL, N. V.; GUNN, M.; FOLTA, K.; LEWERS, K. Microsatellite markers for *Fragaria* from 'Strawberry Festival' expressed sequence tags. **Molecular Ecology Notes**, v. 6, n. 2, p. 473-476, 2006.

BASSIL, N. V.; LEWERS, K. Genomic opportunities, new crops and new products. In: FOLTA, K. M.; GARDINER, S. E. (Ed.). **Genetics and genomics of Rosaceae**. New York: Springer, 2009. p. 55-70. (Plant genetics and genomics: crops and models, 6).

BECERRA, V.; PAREDES, M.; LAVIN, A. Biochemical and molecular diversity in the Chilean strawberry and its implications for plant breeding. **HortScience**, v. 40, n. 6, p. 1642-1643, 2005.

BRUNINGS, A. M.; MOYER, C.; PERES, N.; FOLTA, K. M. Implementation of simple sequence repeat markers to genotype Florida strawberry varieties. **Euphytica**, v. 173, n. 1, p. 63-75, 2010.

BYRNE, D. Molecular marker use in perennial plant breeding. **Acta Horticulturae**, v. 751, p. 163-167, 2007.

CARRASCO, B.; GARCES, M.; ROJAS, P.; SAUD, G.; HERRERA, R.; RETAMALES, J. B.; CALIGARI, P. D. S. The Chilean strawberry *Fragaria chiloensis* (L.) Duch.: genetic diversity and structure. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 132, n. 4, p. 501-506, 2007.

CIPRIANI, G.; TESTOLIN, R. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Fragaria*. **Molecular Ecology Notes**, v. 4, n. 3, p. 366-368, 2004.

CONGIU, L.; CHICCA, M.; CELLA, R.; ROSSI, R.; BERNACCHIA, G. The use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers to identify strawberry varieties: a forensic application. **Molecular Ecology Notes**, v. 9, n. 2, p. 229-232, 2000.

DALE, A.; SJULIN, T. M. Few cytoplasm contribute to North American strawberry cultivars. **HortScience**, v. 25, n. 11, p. 1341-1342, 1990.

DANGL, G. S.; LEE, E. W.; SIM, S. T.; GOLINO, D. A. A new system for strawberry cultivar identification developed at Foundation Plant Services (FPS), University of California, Davis, using simple sequence repeat (SSR) primers. In: NORTH AMERICAN STRAWBERRY SYMPOSIUM, 2007, [Kemptville]. **Proceedings...** Kemptville: North American Strawberry Growers Association, 2008. p. 118-121.

DAVIS, T. M.; YU, H. A linkage map of the diploid strawberry, *Fragaria vesca*. **Journal of Heredity**, v. 88, n. 3, p. 215-221, 1997.

DEBNATH, S. C.; KHANIZADEH, S.; JAMIESON, A. R.; KEMPLER, C. Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) markers to assess genetic diversity and relatedness within strawberry genotypes. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 88, n. 2, p. 313-322, 2008.

DEGANI, C.; ROWLAND, L. J.; SAUNDERS, J. A.; HOKANSON, S. C.; OGDEN, E. L.; GOLAN-GOLDHIRSH, A.; GALLETTA, G. J. A comparison of genetic relationship measures in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) based on AFLPs, RAPDs, and pedigree data. **Euphytica**, v. 117, n. 1, p. 1-12, 2001.

DENG, C.; DAVIS, T. M. Molecular identification of the yellow fruit color (c) locus in diploid strawberry: a candidate gene approach. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 103, p. 316-322, 2001.

DENOYES-ROTHAN, B.; GUÉRIN, G.; LERCETEAU-KÖHLER, E.; RISSER, G. Inheritance of a race-specific resistance to *Colletotrichum acutatum* in *Fragaria x ananassa*. **Phytopathology**, v. 95, n. 4, p. 405-412, 2005.

FAEDI, W.; MOURGUES, F.; ROSATI, C. Strawberry breeding and varieties: situation and perspectives. **Acta Horticola**, v. 567, p. 51-59, 2002.



GARCIA, M. G.; ONTIVERO, M.; RICCI, J. C. D.; CASTAGNARO, A. Morphological traits and high resolution RAPD markers for the identification of the main strawberry varieties cultivated in Argentina. **Plant Breeding**, v. 121, n. 1, p. 76-80, 2002.

GASIC, K.; HAN, Y. P.; KERTBUNDIT, S.; SHULAEV, V.; IEZZONI, A. F.; STOVER, E. W.; BELL, R. L.; WISNIEWSKI, M. E.; KORBAN, S. S. Characteristics and transferability of new apple EST-derived SSRs to other Rosaceae species. **Molecular Breeding**, v. 23, n. 3, p. 397-411, 2009.

GIDONI, D.; ROM, M.; KUNIK, T.; ZUR, M.; IZSAK, E.; IZHAR, S.; FIRON, N. Strawberry-cultivar identification using Randomly Amplified Polymorphic DNA (RAPD) markers. **Plant Breeding**, v. 113, n. 4, p. 339-342, 1994.

GIL-ARIZA, D. J.; AMAYA, I.; BOTELLA, M. A.; BLANCO, J. M.; CABALLERO, J. L.; LOPEZ-ARANDA, J. M.; VALPUESTA, V.; SANCHEZ-SEVILLA, J. F. EST-derived polymorphic microsatellites from cultivated strawberry (*Fragaria x ananassa*) are useful for diversity studies and varietal identification among *Fragaria* species. **Molecular Ecology Notes**, v. 6, n. 4, p. 1195-1197, 2006.

GOVAN, C. L.; SIMPSON, D. W.; JOHNSON, A. W.; TOBUTT, K. R.; SARGENT, D. J. A reliable multiplexed microsatellite set for genotyping *Fragaria* and its use in a survey of 60 *F. x ananassa* cultivars. **Molecular Breeding**, v. 22, n. 4, p. 649-661, 2008.

HADONOU, A. M.; SARGENT, D. J.; WILSON, F.; JAMES, C. M.; SIMPSON, D. W. Development of microsatellite markers in *Fragaria*, their use in genetic diversity analysis, and their potential for genetic linkage mapping. **Genome**, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2004.

HANCOCK, J. F.; CALLOW, P. A.; SHAW, D. V. Randomly amplified polymorphic DNAs in the cultivated strawberry, *Fragaria x ananassa*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, n. 4, p. 862-864, 1994.

HARRISON, R. E.; LUBY, J. J.; FURNIER, G. R.; HANCOCK, J. F. Morphological and molecular variation among populations of octoploid *Fragaria virginiana* and *F. chiloensis* (Rosaceae) from North America. **American Journal of Botany**, v. 84, n. 5, p. 612-620, 1997.

HAYMES, K. M.; HENKEN, B.; DAVIS, T. M.; WEG, W. E. van de. Identification of RAPD markers linked to a *Phytophthora fragariae* resistance gene (Rpf1) in the cultivated strawberry. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 94, p. 1097-1101, 1997.

HAYMES, K. M.; WEG, W. E. van de; ARENS, P.; MAAS, J. L.; VOSMAN, B.; DEN NIJS, A. P. M. Development of SCAR markers linked to a *Phytophthora fragariae* resistance gene and their assessment in European and North American strawberry genotypes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 125, n. 3, p. 330-339, 2000.

IMPACT. **Identifying strawberry varieties**. Disponível em: <<http://www.caes.ucdavis.edu/news/publications/impact/files/impact-14.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

JAMES, C.; WILSON, F.; HADONOU, A.; TOBUTT, K. Isolation and characterization of polymorphic microsatellites in diploid strawberry (*Fragaria vesca* L.) for mapping, diversity studies and clone identification. **Molecular Ecology Notes**, v. 3, n. 2, p. 171-173, 2003.

JONES, C. J.; EDWARDS, K. J.; CASTAGLIONE, S.; WINFIELD, M. O.; SALA, F.; WIEL, C. V. D.; BREDEMEIJER, G.; VOSMAN, B.; MATTHES, M.; DALY, A.; BRETTSCHEIDER, R.; BETTINI, P.; BUIATTI, M.; MAESTRI, E.; MALCEVSCHI, A.; MARMIROLI, N.; AERT, R.; VOLCKAERT, G.; RUEDA, J.; LINACERO, R.; VAZQUEZ, A.; KARP, A. Reproducibility testing of RAPD, AFLP and SSR markers in plants by a network of European laboratories. **Molecular Breeding**, v. 3, n. 5, p. 381-390, 1997.

KURAS, A.; KORBAN, M.; ZURAWICZ, E. Comparison of suitability of RAPD and ISSR techniques for determination of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) relationship. **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, v. 79, n. 2, p. 189-193, 2004.

LERCETEAU-KÖHLER, E.; GUÉRIN, G.; DENOYES-ROTHAN, B. Identification of SCAR markers linked to *Rca2* anthracnose resistance gene and their assessment in strawberry germplasm. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 111, n. 5, p. 862-870, 2005.

LERCETEAU-KÖHLER, E.; GUÉRIN, G.; LAIGRET, F.; DENOYES-ROTHAN, B. Characterization of mixed disomic and polysomic inheritance in the octoploid strawberry (*Fragaria x ananassa*) using AFLP mapping. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 107, n. 4, p. 619-628, 2003.

LEVI, A.; ROWLAND, L. J. Identifying blueberry cultivars and evaluating their genetic relationships using randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) and simple sequence repeat- (SSR-) anchored *primers*. **American Journal for Horticultural Science**, v. 122, n. 1, p. 74-78, 1997.

LEWERS, K. S.; STYAN, S. M. N.; HOKANSON, S. C. Strawberry GenBank-derived and genomic simple sequence repeat (SSR) markers and their utility with strawberry, blackberry, and red and black raspberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 130, n. 1, p. 102-115, 2005.

MILELLA, L.; SALUZZI, D.; LAPELOSA, M.; BERTINO, G.; SPADA, P.; GRECO, I.; MARTELLI, G. Relationships between an Italian strawberry and its ancestor using RAPD markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 53, n. 8, p. 1715-1720, 2006.

MNEJJA, M.; GARCIA-MAS, J.; AUDERGON, J.-M.; ARÚS, P. *Prunus* microsatellite marker transferability across rosaceous crops. **Tree Genetics & Genomes**, v. 6, n. 5, p. 689-700, 2010.

MONFORT, A.; VILANOVA, S.; DAVIS, T. M.; ARÚS, P. A new set of polymorphic simple sequence repeat (SSR) markers from a wild strawberry (*Fragaria vesca*) are transferable to other diploid *Fragaria* species and to *Fragaria x ananassa*. **Molecular Ecology Notes**, v. 6, n. 1, p. 197-200, 2006.

MORALES, R. G. F. **Divergência genética entre cultivares de morango por meio de marcadores moleculares e caracteres morfoagronômicos**. 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) — Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava.

NIER, S.; SIMPSON, D. W.; TOBUTT, K. R.; SARGENT, D. J. A genetic linkage map of an inter-specific diploid *Fragaria* BC1 mapping population and its comparison with the *Fragaria* reference map (FV×FN). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 81, n. 4, p. 645-650, 2006.

NJUGUNA, W. **Development and use of molecular tools in *Fragaria***. 2010. 389 f. Dissertation (Doctor of Philosophy in Horticulture) – Oregon State University, Oregon.

PARK, Y. H.; AHN, S. G.; CHOI, Y. M.; OH, H. J.; AHN, D. C.; KIM, J. G.; KANG, J. S.; CHOI, Y. W.; JEONG, B. R. Rose (*Rosa hybrida* L.) EST-derived microsatellite markers and their transferability to strawberry (*Fragaria* spp.). **Scientia Horticulturae**, v. 125, n. 4, p. 733-739, 2010.

RADMANN, E. B.; BIANCHI, V. J.; OLIVEIRA, R. P.; FACHINELLO, J. C. Caracterização e diversidade genética de cultivares de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 84-87, 2006.

SARGENT, D. J.; DAVIS, T. M.; TOBUTT, K. R.; WILKINSON, M. J.; BATTEY, N. H.; SIMPSON, D. W. A genetic linkage map of microsatellite, gene-specific and morphological markers in diploid *Fragaria*. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 109, n. 7, p. 1385-1391, 2004.

SARGENT, D. J.; FERNANDEZ-FERNANDEZ, F.; RUIZ-ROJA, J. J.; SUTHERLAND, B. G.; PASSEY, A.; WHITEHOUSE, A. B.; SIMPSON, D. W. A genetic linkage map of the cultivated strawberry (*Fragaria x ananassa*) and its comparison to the diploid *Fragaria* reference map. **Molecular Breeding**, v. 24, n. 3, p. 293-303, 2009.

SARGENT, D. J.; HADONOU, A. M.; SIMPSON, D. W. Development and characterization of polymorphic microsatellite markers from *Fragaria viridis*, a wild diploid strawberry. **Molecular Ecology Notes**, v. 3, n. 4, p. 550-552, 2003.

SHAW, D. V.; FAMULA, T. R. Complex segregation analysis of day-neutrality in domestic strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Euphytica**, v. 145, p. 331-338, 2005.

SHULAEV, V.; SARGENT, D. J.; CROWHURST, R. N.; MOCKLER, T. C.; FOLKERTS, O.; DELCHER, A. L.; JAISWAL, P.; MOCKAITIS, K.; LISTON, A.; MANE, S. P.; BURNS, P.; DAVIS, T. M.; SLOVIN, J. P.; BASSIL, N.; HELLENS, R. P.; EVANS, C.; HARKINS, T.; KODIRA, C.; DESANY, B.; CRASTA, O. R.; JENSEN, R. V.; ALLAN, A. C.; MICHAEL, T. P.; SETUBAL, J. C.; CELTON, J.-M.; REES, D. J. G.; WILLIAMS, K. P.; HOLT, S. H.; RUIZ ROJAS, J. J.; CHATTERJEE, M.; LIU, B.; SILVA, H.; MEISEL, L.; ADATO, A.; FILICHKIN, S. A.; TROGGIO, M.; VIOLA, R.; ASHMAN, T.-L.; WANG, H.; DHARMAWARDHANA, P.; ELSEER, J.; RAJA, R.; PRIEST, H. D.; BRYANT JUNIOR, D. W.; FOX, S. E.; GIVAN, S. A.; WILHELM, L. J.; NAITHANI, S.; CHRISTOFFELS, A.; SALAMA, D. Y.; CARTER, J.; GIRONA, E. L.; ZDEPSKI, A.; WANG, W.; KERSTETTER, R. A.; SCHWAB, W.; KORBAN, S. S.; DAVIK, J.; MONFORT, A.; DENOYES-ROTHAN, B.; ARUS, P.; MITTLER, R.; FLINN, B.; AHARONI, A.; BENNETZEN, J. L.; SALZBERG, S. L.; DICKERMAN, A. W.; VELASCO, R.; BORODOVSKY, M.; VEILLEUX, R. E.; FOLTA, K. M. The genome of the woodland strawberry (*Fragaria vesca*). **Nature Genetics**, v. 43, p. 109-116, 2010.

SJULIN, T. M.; DALE, A. Genetic diversity of North American strawberry cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 112, p. 375-385, 1987.

SPIGLER, R. B.; LEWERS, K. S.; JOHNSON, A. L.; ASHMAN, T. Comparative mapping reveals autosomal origin of sex chromosome in octoploid *Fragaria virginiana*. **Journal of Heredity**, v. 101, p. 107-117, 2010.

SPIGLER, R. B.; LEWERS, K. S.; MAIN D. S.; ASHMAN, T. Genetic mapping of sex determination in a wild strawberry, *Fragaria virginiana*, reveals earliest form of sex chromosome. **Heredity**, v. 101, n. 6, p. 507-517, 2008.

SUGIMOTO, T.; TAMAKI, K.; MATSUMOTO, J.; YAMAMOTO, Y.; SHIWAKU, K.; WATANABE, K. Detection of RAPD markers linked to the everbearing gene in Japanese cultivated strawberry. **Plant Breeding**, v. 124, n. 5, p. 498-501, 2005.

TYRKA, M.; DZIADCZYK, P.; HORTYNSKI, J. A. Simplified AFLP procedure as a tool for identification of strawberry cultivars and advanced breeding lines. **Euphytica**, v. 125, n. 2, p. 273-280, 2002.

WEEBADDE, C. K.; WANG, D.; FINN, C. E.; LEWERS, K. S.; LUBY, J. J.; BUSHAKRA, J.; SJULIN, T. M.; HANCOCK, J. F. Using a linkage mapping approach to identify QTL for day-neutrality in the octoploid strawberry. **Plant Breeding**, v. 127, n. 1, p. 94-101, 2008.

WEG, W. E. van de. Resistance to *Phytophthora fragaria* var. *fragariae* in strawberry: the *Rpf2* gene. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 94, n. 8, p. 1092-1096, 1997.

WHITAKER, V. M. V. Applications of molecular markers in strawberry. **Journal of Berry Research**, v. 1, n. 3, p. 115-127, 2011.

CAPÍTULO

7

# Clima

Ivan Rodrigues de Almeida



## Introdução

As cultivares silvestres de morangueiro são originárias da Europa e das montanhas andinas, regiões de clima temperado e subtropical de altitude, que exibem certas exigências climáticas e de ambiente de cultivo, mesmo para as espécies, as hibridações e as variedades que surgiram ao longo de inúmeras gerações, sob melhoramento genético.

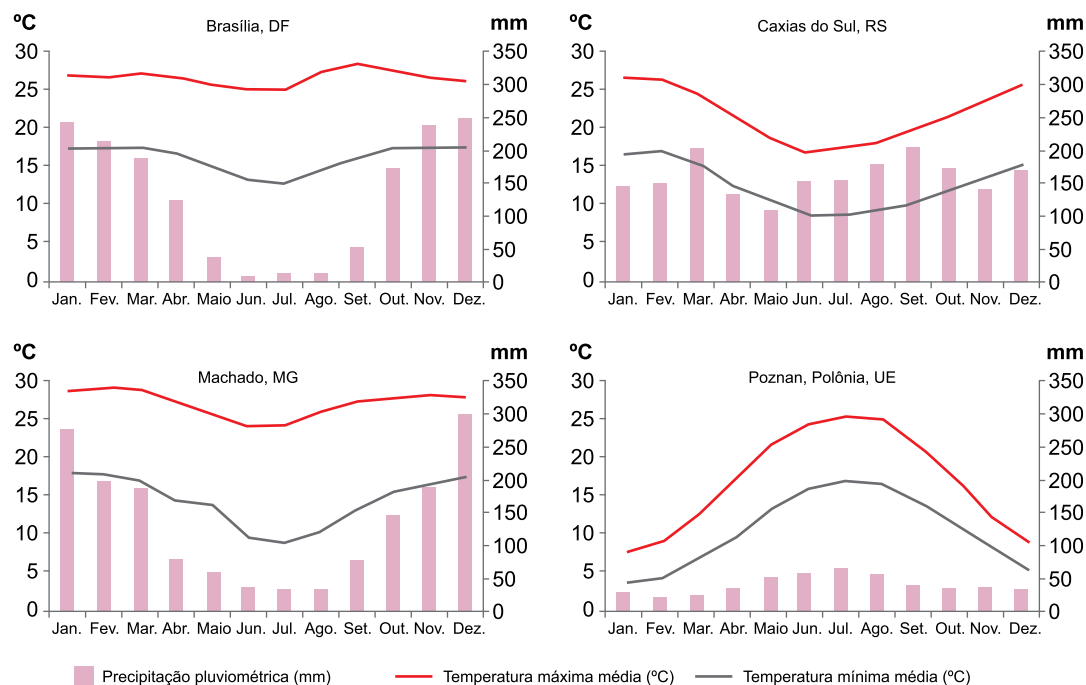
A ampla adaptação, proporcionada por seleção e técnicas de manejo, permite que o morangueiro seja cultivado nas mais diferentes regiões do mundo (regiões tropicais, temperadas e desérticas), podendo vegetar e frutificar continuamente. No entanto, para uma produção economicamente rentável, é necessário conhecer a disponibilidade de água e a combinação entre os processos de floração e frutificação, que são dependentes das condições de temperatura, do fotoperíodo e, quando o objetivo for a produção de mudas, do número de horas de frio.

## Necessidade hídrica

A água é o insumo mais importante para a produção de qualquer espécie vegetal, pois participa de diversos processos fisiológicos das plantas. A quantidade utilizada pelo morangueiro pode variar conforme o estágio de desenvolvimento da cultura e o uso da água pelas práticas culturais. Como a maior parte do sistema radicular do morangueiro se concentra até a profundidade de 0,25 m, em locais de elevada evapotranspiração responde com alta sensibilidade à deficiência hídrica.

Como o uso da água depende de certas variáveis (fase de desenvolvimento da planta, profundidade superficial do sistema radicular e demanda evaporativa da atmosfera), para efeito de dimensionamento de fontes de irrigação e adequação do tamanho de reservatórios, é preciso considerar a quantidade e a distribuição de chuvas (Figura 1) na região de produção, visto que a lâmina líquida diária de irrigação durante o ciclo da cultura pode variar em torno de 2 mm dia<sup>-1</sup> (PIRES et al., 2007).

Desse modo, o manejo da irrigação é indispensável e exige disponibilidade de água constantemente e próximo da capacidade de campo. Mas é preciso evitar excessos na quantidade e no tempo de molhamento foliar quando irrigado por aspersão, para não favorecer a incidência de doenças. Essa orientação deve ser particularmente observada para a produção de mudas com alta qualidade fitossanitária (REISSER JÚNIOR et al., 2009).



**Figura 1.** Climograma de regiões produtoras de morango no Brasil e na Polônia.

Fonte: Inmet (2009) e National Oceanic and Atmospheric Administration (2012).

## Temperatura e fotoperíodo

No Brasil, é possível cultivar morangueiro em diversas regiões. As áreas de destaque em quantidade produzida são as regiões serranas do Rio Grande do Sul, de São Paulo e de Minas Gerais, e, isoladamente, o Distrito Federal. Na Europa, a Polônia é o país que mais se destaca na produção de morango; em geral, essas áreas apresentam alguma condição de frio durante o inverno (Figura 1) ou temperaturas amenas que satisfazem as necessidades da cultura, bem como estão próximas de grandes centros de consumo e de distribuição.

Dependendo da finalidade a que se destina (indústria ou varejo), e mais especificamente do comércio in natura, o mercado nacional tem se tornado mais exigente quanto à qualidade do produto, tanto no que concerne ao aspecto visual e de sabor, quanto no que respeita ao aspecto sanitário. O tamanho, o formato e a expressão de certas características, como coloração e relação entre acidez e açúcares, são particularmente influenciados pelas condições climáticas de cada região, que atuam de modo distinto para a produção de mudas ou a produção de frutas.



Em altas latitudes, a exemplo da Polônia (oitavo maior produtor mundial), onde prevalece longo fotoperíodo e há necessidade de utilizar cultivares de dias longos, a temperatura é a variável que mais influencia a resposta da floração no morangueiro (DARNELL, 2003). Por seu turno, em baixas e médias latitudes, as cultivares de dias curtos requerem uma interação com temperaturas mais baixas para estimular a iniciação floral (DARROW, 1966).

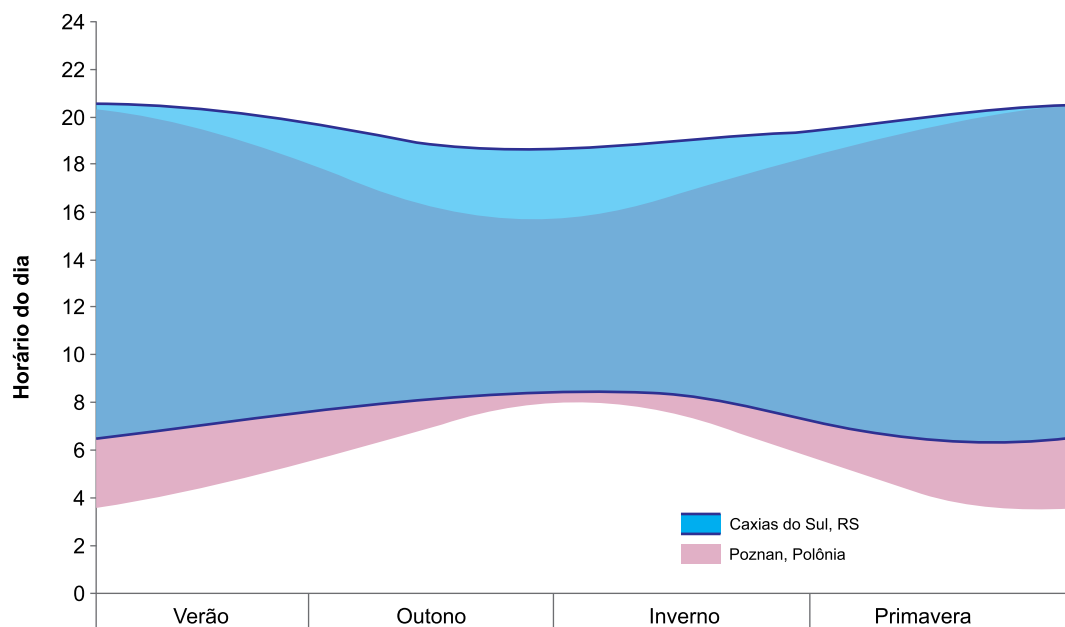
O morangueiro é uma planta que encontrou diversas formas de reprodução sob diferentes condições de ambiente, estabelecendo grupos de hábito de crescimento e reprodução influenciados pelo fotoperíodo, de forma mais ou menos acentuada (WREGE et al., 2007). Essas cultivares são conhecidas como: a) cultivares de dias curtos, que florescem durante o inverno, quando o comprimento de horas do período diurno é mais curto; b) cultivares de dias longos, que florescem durante o verão, quando o comprimento do dia é mais longo; e c) cultivares de dias neutros, que são insensíveis à variação do total de horas entre o dia e a noite.

Essa variação é diretamente proporcional à latitude, isto é, aumenta à proporção que aumenta a latitude. Como exemplo, na Figura 2, é feita uma comparação da variação diária entre o horário do nascer e o do pôr do sol durante as estações do ano, para as localidades de Caxias do Sul, RS, e Poznan, na Polônia, lembrando que as estações ocorrem em momentos distintos durante o ano, entre o Hemisfério Norte e o Hemisfério Sul: em Poznan, o período diurno pode variar de 7 horas e 40 minutos durante o inverno, até 16 horas e 50 minutos durante o verão; já em Caxias do Sul, essa amplitude é bem menor, variando de 10 horas e 50 minutos a 13 horas e 30 minutos durante o inverno e o verão, respectivamente.

Outra estratégia de reprodução associada a condições de alta temperatura é a numerosa e continuada emissão de estolões a partir de uma única planta-matriz, o que, do ponto de vista comercial, garante o padrão genético de uma cultivar.

Para formar uma planta produtiva, a muda necessariamente deve apresentar características indicadoras de boa qualidade, entre elas o diâmetro da coroa, fator utilizado em alguns países como critério para a classificação e a padronização.

Esse parâmetro está intimamente associado ao vigor que a planta terá durante a fase de floração e frutificação. Na Argentina e no Chile, países que exportam mudas para o Brasil, o padrão mínimo de tamanho é de 8 mm de diâmetro. Para se obterem mudas com essas características, é necessário que o clima da região onde são produzidas provoque indução à dormência durante o outono e aclimação às condições de frio, o que estimula



**Figura 2.** Fotoperíodo (horas de brilho solar) em Caxias do Sul, RS (lat.  $-29^{\circ} 10'$ , long.  $-51^{\circ} 12'$ ), e Poznan (lat.  $52^{\circ} 25'$ , long.  $16^{\circ} 51'$ ), Polônia.

as plantas a distribuir e a redirecionar a produção de matéria seca para o crescimento vegetativo (WREGGE et al., 2007).

Segundo Ronque (1998), para que se obtenham mudas de qualidade, é necessário acumular certo número de horas de frio, ou seja, de 380 a 700 horas. No entanto, essa é uma variável climática pouco caracterizada nos ambientes de produção do Brasil.

Como estratégia de comercialização para aproveitar épocas e mercados em que a produção de morango é altamente demandada, podem ser utilizadas algumas alternativas para modificar o ambiente de cultivo, como usar túneis plásticos e antecipar ou prolongar o período de colheita, conforme as características geológicas da região de produção (ALMEIDA et al., 2009). O uso de diferentes cultivares e o de manejo na combinação de filmes plásticos (REISSER JÚNIOR et al., 2011) são técnicas eficientes para conciliar a baixa dependência das condições do clima com oportunidades para alcançar maiores rentabilidade e qualidade de frutos.

A aptidão ou os riscos climáticos associados à cultura do morangueiro residem, assim, preferencialmente na capacidade de conciliar os diversos sistemas de produção e suas técnicas, na sazonalidade de comercialização e nas demandas do mercado

consumidor. Enquanto, nas regiões do Centro-Oeste e do Sudeste do Brasil, o predomínio de baixos índices pluviométricos durante o inverno e início de primavera favorece o cultivo convencional a céu aberto, no Rio Grande do Sul, é necessário que o cultivo seja realizado sob túneis plásticos, para evitar a ocorrência de doenças e proteger o cultivo contra geadas. Graças a essas diferenças de estratégia de produção adotadas por região, a oferta de morango se estende por um período maior no mercado nacional (FAGUNDES, 2008), além de permitir aos produtores a oportunidade de alcançar preços maiores durante o período de comercialização.

## Referências

- ALMEIDA, I. R. de; ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C.; STEINMETZ, S.; CARVALHO, F. L. C. **Potenciais regiões produtoras de morango durante a primavera e verão e riscos de ocorrência de geada na produção de inverno no estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 5 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado técnico, 229).
- DARNELL, R. L. Strawberry growth and development. In: CHILDERS, N. F. (Ed.). **The strawberry: a book for growers, others**. Gainesville: University of Florida, 2003. p. 3-10.
- DARROW, G. M. **The strawberry: history, breeding and physiology**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1966. 447 p.
- FAGUNDES, P. R. S. Retrato da comercialização de morango em São Paulo no ano de 2006. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 3, n. 1, 2008. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=9166>>. Acesso em: 29 maio 2008.
- INMET. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília, DF, 2009. 465 p.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **National Climatic Data Center**. Disponível em: <<http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo>>. Acesso em: 23 abr. 2012.
- PIRES, R. C. de M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A.; SAKAI, E.; SILVA, T. J. A.; ARRUDA, F. B. Produção de morangueiro em diferentes níveis de água, coberturas do solo e ambientes de cultivo. **Irriga**, v. 12, n. 3, p. 338-353, 2007.
- REISSER JÚNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; STEINMETZ, S.; ALMEIDA, I. R. de; RADIN, B. Strawberry production under different plastic mulches and tunnels in nonfumigated fields in south Brazil. In: NORTH AMERICAN STRAWBERRY SYMPOSIUM, 7.; NORTH AMERICAN STRAWBERRY GROWERS ASSOCIATION, 35., 2011, Tampa. **Strawberry Conference: resumos**. Tampa: NASGA, 2011. p. 17.
- REISSER JÚNIOR, C.; TAVARES, V. E. Q.; TIMM, L. C.; ESTRELA, C. C.; ANTUNES, L. E. C.; CUNHA, N. G. Solo e manejo da água. In: TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; REISSER JÚNIOR, C.; ESTRELA, C. C. (Ed.). **Morangueiro irrigado: aspectos técnicos e ambientais do cultivo**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2009. p. 51-91.
- RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro: revisão e prática**. Curitiba: Emater, 1998. 206 p.
- WREGE, M. S.; REISSER JÚNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; OLIVEIRA, R. P. de; HERTER, F. G.; STEINMETZ, S.; GARRASTAZU, M. C.; MATZENAUER, R.; JOÃO, P. L.; SANTOS, A. M. dos. **Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 187).



CAPÍTULO

8

# Melhoramento genético e principais cultivares

Ana Claudia Barneche de Oliveira  
Luis Eduardo Corrêa Antunes



## Introdução

O morangueiro pertence à família Rosaceae, ao gênero *Fragaria*, sendo conhecidas 24 espécies. Dessas, 12 são diploides ( $2n = 6x = 42$ ), cinco são tetraploides ( $2n = 4x = 28$ ), uma hexaploide ( $2n = 6x = 42$ ), duas octoploides ( $2n = 8x = 56$ ), uma decaploide e três são espécies híbridas. A espécie *Fragaria x ananassa*, octoploide, é mundialmente cultivada, sendo originária de um híbrido entre *F. chiloensis* e *F. virginiana* (NJUGUNA, 2010).

A cultura do morangueiro passou a ter importância econômica no Brasil em meados do século 20, nos estados de São Paulo e do Rio Grande do Sul. Nessa época, todas as cultivares eram provenientes dos Estados Unidos e da Europa, e apresentavam pouca adaptação às condições de clima e solo daqueles dois estados. Tanto a produtividade quanto a qualidade da fruta eram baixas. A situação mudou a partir da década de 1960, quando surgiram as primeiras cultivares brasileiras desenvolvidas pela Estação Experimental de Pelotas, ligada ao Ministério da Agricultura, e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Essas cultivares tinham boa adaptação às condições de solo e clima locais, alta produtividade e boa qualidade da fruta. Graças às novas cultivares, foi possível aumentar a produção e, ao mesmo tempo, tornar o morangueiro uma cultura economicamente expressiva nessas regiões (FRANQUEZ, 2008).

Os programas brasileiros de melhoramento genético registraram as últimas cultivares em 1999, que foram: Campinas (IAC-2712), Guarani (IAC-5074), Monte Alegre (IAC-3113) e Princesa Isabel (IAC-5277), pertencentes ao IAC; e Santa Clara, Konvoy-Cascata e Vila Nova, pertencentes à Embrapa. O programa de melhoramento da Embrapa Clima Temperado foi descontinuado no final da década de 1990 e reiniciado em 2008. Já o programa de melhoramento de morangueiro do IAC foi mantido, mas sem lançamento de novas cultivares. Atualmente, as cultivares mais utilizadas no Brasil provêm de programas de outros países, o que implica uma grande dependência do setor e, consequentemente, elevada vulnerabilidade.

As principais características buscadas nos dois programas brasileiros de melhoramento de morangueiro na década de 1990 foram:

- Para o programa de melhoramento do IAC: alta produtividade; formação de frutos grandes, lisos, vermelhos, brilhantes, firmes, com sabor adocicado e pouco ácido,

e capazes de resistir ao transporte; frutificação precoce e prolongada, com regularidade por cerca de 5 meses; flores completas, com estames bem desenvolvidos; facilidade de propagação, mas sem excessiva produção de estolões; e tolerância a pragas e moléstias (CAMARGO; PASSOS, 1993).

- Para o programa da Embrapa Clima Temperado: produção em número e em peso de morangos; exigência de frio; resposta ao fotoperíodo e à temperatura; tamanho; cor; sabor; firmeza da polpa; e resistência da epiderme das frutas (SANTOS, 1999).

A adaptabilidade de uma cultivar a uma determinada região produtora é expressa por meio da interação entre o genótipo e o ambiente. A interação entre temperatura e fotoperíodo determina a produtividade e a qualidade da fruta, a qual é influenciada também pelas condições de solo e pela incidência de pragas e doenças. Portanto, quando uma cultivar é selecionada para determinada região, a adaptação a outras áreas de produção fica dependente da interação com os fatores ambientais nessas áreas. As cultivares estrangeiras podem apresentar respostas diferentes daquelas observadas nas condições onde foram selecionadas, para certas características, como precocidade, produtividade, qualidade da fruta e suscetibilidade a doenças e pragas. Em relação às cultivares importadas, os resultados experimentais com essas cultivares demonstram que a maioria apresenta alto potencial de produtividade e frutas que se destacam por algumas propriedades, como cor, firmeza e tamanho; entretanto, a falta de sabor é uma característica comum nesses materiais. Outro aspecto importante é a suscetibilidade às principais doenças e pragas que ocorrem no Brasil. Todas as cultivares estrangeiras, com exceção de Sweet Charlie, apresentam suscetibilidade à antracnose da coroa (*Colletotrichum fragariae* Brooks) e à antracnose da fruta (*Colletotrichum acutatum* Simmond). Além disso, muitas dessas cultivares são suscetíveis a doenças de folhas, coroa e raízes (FRANQUEZ, 2008).

Os desafios atuais dos programas de melhoramento do morangueiro no Brasil assemelham-se aos observados no passado, ou seja, é preciso desenvolver cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas do Brasil e aos diferentes sistemas de produção, tais como: orgânico, sem solo, hidropônico, sob proteção, entre outros. Atualmente, buscam-se novas cultivares, que sejam produtivas, com frutas grandes, adocicadas, firmes, com boa conservação pós-colheita e com período de colheita estendido.



## Melhoramento genético

### Características consideradas no melhoramento genético

As características da planta comumente consideradas nos programas de melhoramento do morangueiro são: produtividade, vigor, hábito de frutificação (sensibilidade ao fotoperíodo), tempo e uniformidade de maturação, resistência ao frio, resistência a geadas (flores), tolerância a altas temperaturas, período de dormência e resistência a doenças e pragas. E as características das frutas são: sabor, aroma, tamanho, simetria, formato, firmeza e cor da polpa e da epiderme, brilho, fácil separação do cálice, teor de vitaminas, teor de sólidos solúveis, acidez e resistência a podridões (CASTRO, 2004).

A capacidade de produção do morangueiro está diretamente relacionada ao tamanho e ao número de frutas. O tamanho grande – característica das cultivares modernas – é parcialmente recessivo em relação ao tamanho pequeno. Essa característica é controlada por genes quantitativos, de alta herdabilidade, amplamente distribuídos na população natural de *F. chiloensis* e concentrados nas cultivares comerciais com progressos notáveis no melhoramento genético (SANTOS, 1999). Esse fato é exemplificado com o ganho genético estimado no peso das frutas no período de 1975 a 2008, dentro do programa da Universidade da Flórida, o qual foi de 2,6 g por ano (VANCE et al., 2011).

A firmeza da polpa e a resistência da epiderme são características de extrema importância, especialmente para as cultivares destinadas à produção de morango para o consumo in natura, pois, além de permitirem melhores manuseio e transporte, conservam as qualidades organolépticas por mais tempo, aumentando, assim, significativamente o período de comercialização. Esses fatores são altamente influenciados tanto pelo ambiente quanto pelo manejo da cultura, da irrigação, da nutrição e do ponto de colheita. Para cultivares destinadas à indústria, a firmeza da polpa é uma característica muito importante por estar correlacionada com o conteúdo de sólidos e com a qualidade do produto em conservação. Tem sido encontrada correlação positiva entre a resistência da epiderme e a firmeza da polpa (SANTOS, 1999).

A cor e o brilho da epiderme da fruta são características muito importantes na comercialização do morangueiro, tanto no consumo in natura quanto na industrialização.

A intensidade da coloração da polpa é uma característica parcialmente dominante, com herdabilidade estimada em 81%, sendo pouco afetada pelas condições climáticas (SANTOS, 1999).

O sabor da fruta é considerado uma das mais importantes características, mas de difícil distinção. O sabor é relacionado com outras características, como o balanço de açúcares e ácidos, a coloração e o conteúdo em ácido ascórbico, e com o balanço de sólidos solúveis e ácidos. Esses fatores são altamente influenciados pelo ambiente e, por isso, aconselha-se repetir a avaliação no início, na metade e no final da colheita. A herança do sabor da fruta é quantitativa, sendo estimada uma herdabilidade de 41% (SANTOS, 1999).

No comportamento fisiológico do morangueiro, existe uma correlação muito grande entre temperatura e fotoperíodo. À medida que a temperatura e o fotoperíodo decrescem, a atividade fisiológica da planta diminui, até que essa entre em dormência, que só é quebrada quando atingido um determinado número de horas de frio abaixo de 7,2 °C. Tal exigência varia de acordo com a cultivar, desde 1.000 horas até pouco mais de 100 horas. Por sua vez, quando a temperatura e o fotoperíodo se elevam, a planta cessa a floração e apenas se reproduz vegetativamente. As cultivares que apresentam esse comportamento são chamadas cultivares de dia curto. As cultivares que florescem e produzem frutas independentemente do fotoperíodo são denominadas de cultivares de dia neutro ou indiferentes ao fotoperíodo. A vantagem apresentada por essas cultivares é sua capacidade de produzir frutas em plena entressafra (verão), quando cultivadas em regiões de verões amenos (SANTOS, 1999).

Quanto às doenças, buscam-se genótipos resistentes e/ou tolerantes à flor-preta (*Colletotrichum acutatum*), à antracnose no rizoma (*Colletotrichum fragariae*), à murcha de *Verticillium* (*Verticillium alboatrum*), à mancha de *Diplocarpon* (*Diplocarpon earlianum*), ao oídio (*Sphaerotheca macularis*) e à *Mycosphaerella* (*Mycosphaerella fragariae*).

Com relação às pragas, a principal busca é a tolerância ao ácaro-rajado.

## Marcadores moleculares

No mundo, estima-se haver mais de cem programas de melhoramento genético de morangueiro, os quais procuram, entre outras características, cultivares superiores em sabor e textura, que sejam resistentes aos principais estresses bióticos e abióticos, cultivares que permitam o aumento do período de colheita e que proporcionem maior período de

prateleira pós-colheita (FAEDI et al., 2002). Para que esses objetivos possam ser alcançados, os programas de melhoramento genético têm utilizado todo o germoplasma e conhecimentos disponíveis. Nesse contexto, as pesquisas com morangueiro têm sido beneficiadas com a utilização de ferramentas biotecnológicas, entre as quais se destacam os marcadores moleculares.

Várias classes de marcadores moleculares têm sido utilizadas em estudos envolvendo morangueiro. Entre elas, destacam-se: *random amplified polymorphic DNA* (RAPD), *amplified fragment length polymorphism* (AFLP), *inter simple sequence repeat* (ISSR) e microsatélites (*simple sequence repeat* – SSR) (ASHLEY et al., 2003; BASSIL et al., 2006; BRUNINGS et al., 2010; CIPRIANI; TESTOLIN, 2004; CONGIU et al., 2000; DEBNATH et al., 2008; GARCIA et al., 2002; GIDONI et al., 1994; GIL-ARIZA et al., 2006; HANCOCK et al., 1994; HAYMES et al., 1997, 2000; JONES et al., 1997; LERCETEAU-KÖHLER et al., 2005).

A seleção assistida por marcadores moleculares em programas de melhoramento genético de morangueiro tem sido pouco usada. As que são utilizadas estão concentradas no setor privado, principalmente para ajudar a selecionar genótipos resistentes a doenças. Um dos motivos da pouca utilização tem sido a falta de marcadores associados diretamente às características de interesse e que sejam de fácil obtenção. Além disso, concluiu-se que as características de maior interesse para o uso de seleção assistida como ferramenta auxiliar são a resistência a doenças e a qualidade da fruta (CARRASCO et al., 2007; DALE; SJULIN, 1990; DAVIS; YU, 1997; DENG; DAVIS, 2001; DENOYES-ROTHAN et al., 2005; GOVAN et al., 2008; HADONOU et al., 2004; LEWERS et al., 2005; MONFORT et al., 2006; MORALES, 2010; SHULAEV et al., 2011; WHITAKER, 2011; WEEBADDE et al., 2008; WEG, 1997).

## Principais cultivares em uso no Brasil

No Brasil, o padrão varietal concentra-se em um número reduzido de cultivares, sendo Oso Grande na região Sudeste, e Camarosa, Aromas e Albion na região Sul. A introdução, pelas empresas que comercializam mudas, e a avaliação da adaptação ocorrem de forma localizada e não abrangente, o que dificulta a tomada de decisão por parte do produtor. A introdução e a avaliação agrônômica de novos materiais são fundamentais para que o produtor tenha informações detalhadas e confiáveis em relação à qualidade das novas cultivares, antes que ele invista nesses materiais.

## Cultivares mais utilizadas no Brasil

### Cultivar Oso Grande

Cultivar lançada comercialmente em 1987, pela Universidade da Califórnia (Davis). Tem as seguintes características: cultivar de dia curto e de grande adaptabilidade; planta vigorosa, com folhas grandes e de coloração verde-escura; ciclo mediano; elevada capacidade produtiva. Frutas de tamanho grande, polpa de textura firme no início da produção e mediana no final da colheita, de coloração vermelho-clara e aromática; epiderme vermelho-clara; sabor subácido, próprio para o consumo in natura (Figura 1). É tolerante ao mofo-cinzento (*Botrytis cinerea*) e suscetível à mancha de *Mycosphaerella* (*Mycosphaerella fragariae*) e à antracnose (*Colletotrichum fragariae* e *Colletotrichum acutatum*).



Foto: Luis Eduardo Corrêa Antunes

**Figura 1.** Frutas da cultivar Oso Grande.

### Cultivar Camarosa

Cultivar lançada comercialmente em 1992, pela Universidade da Califórnia (Davis). É uma cultivar de dias curtos; planta vigorosa, com folhas grandes de coloração verde-escura; ciclo precoce e com alta capacidade de produção. Frutas de tamanho grande; epiderme vermelho-escura; polpa de textura firme e de coloração interna vermelho-brilhante, escura e uniforme; sabor subácido, próprio para consumo in natura e industrialização (Figura 2). É suscetível à mancha de *Mycosphaerella* (*Mycosphaerella*



Foto: Luis Eduardo Corrêa Antunes

**Figura 2.** Frutas da cultivar Camarosa.

*fragariae*), à antracnose (*Colletotrichum fragariae* e *Colletotrichum acutatum*) e ao mofo-cinza (*Botrytis cinerea*).

### Cultivar Ventana

Cultivar lançada comercialmente em 2004, pela Universidade da Califórnia (Davis). É uma cultivar de dia curto. Apresenta alta produção por planta, que é grande e vigorosa, porém relativamente ereta. As frutas são grandes, moderadamente firmes, com coloração interna e da epiderme vermelho-brilhante,

ótima aparência e bom sabor, sendo recomendadas para mercado in natura e industrialização (Figura 3). É mais tolerante ao míldio do que a 'Camarosa'. Possui suscetibilidade intermediária à podridão de raiz e coroa (*Phytophthora cactorum*) e é moderadamente suscetível à *Verticillium*.



Foto: Luis Eduardo Corrêa Antunes

**Figura 3.** Frutas da cultivar Ventana.

### Cultivar Camino Real

Cultivar lançada comercialmente em 2004, pela Universidade da Califórnia (Davis). É uma cultivar de dia curto. Apresenta alta capacidade de produção. Planta menor, mais compacta e ereta, e menos vigorosa do que a 'Camarosa'. As frutas são grandes, firmes, com epiderme e polpa vermelho-escuras, e de bom sabor, sendo recomendadas para mercado in natura e industrialização (Figura 4). É relativamente tolerante à *Verticillium* e à podridão de raiz e coroa (*Phytophthora cactorum*). É mais tolerante ao míldio do que a 'Camarosa' ou a 'Aromas'.



Foto: Luis Eduardo Corrêa Antunes

**Figura 4.** Frutas da cultivar Camino Real.



## Cultivares que estão sendo introduzidas nas principais regiões produtoras

### Cultivar Palomar

Cultivar lançada comercialmente em 2008, pela Universidade da Califórnia (Davis), por cruzamento entre a 'Camino Real' e a 'Ventana'. Fruta de cor semelhante à 'Ventana', muito grande, com peso médio de 30,2 g; forma cônica curta; coloração de polpa semelhante à 'Ventana'; época de colheita semelhante à da 'Camarosa' e da 'Camino Real' (Figura 5). Planta com vigor semelhante ao da 'Camino Real', com alto rendimento; planta semelhante em tamanho à 'Camino Real' e mais compacta do que a 'Ventana'. Moderadamente resistente ao oídio, à antracnose, à podridão da coroa e à murcha de *Verticillium*; moderadamente suscetível à *Phytophthora* podridão da coroa e à *Phytophthora* da mancha-comum; tolerante ao vírus morango, encontrado na Califórnia; apresenta tolerância condicional ao ácaro-rajado. Responde bem ao plantio precoce.



Foto: Luis Eduardo Corrêa Antunes

**Figura 5.** Frutas da cultivar Palomar.

### Cultivar Festival

Cultivar lançada comercialmente em 2000, pela Universidade da Flórida (Gainesville), com o nome de 'Strawberry Festival'. É uma cultivar de dia curto. Planta com excelente resistência a enfermidades (Figura 6), tanto as foliares quanto as radiculares. Mantém



Foto: Luis Eduardo Corrêa Antunes

**Figura 6.** Frutas da cultivar Festival.

a forma e o tamanho durante todo o ciclo produtivo. Boa produção no segundo ano. As frutas apresentam forma cônica. Quando maduras, possuem coloração vermelho-escura. São firmes e apresentam excelente sabor. A cultivar é suscetível à podridão de coroa e fruta (*Colletotrichum*) e menos suscetível ao míldio do que a ‘Camarosa’.

### **Cultivar Aromas**

Cultivar lançada comercialmente em 1994, pela Universidade da Califórnia (Davis). É uma cultivar de dia neutro, para mesa, tem fruta de bom tamanho, precoce, coloração vermelho-brilhante, bom sabor, vigor médio, indicada para o cultivo de verão (plantio a partir de setembro). É a cultivar mais plantada na região da Serra Gaúcha. É relativamente tolerante ao oídio.

### **Cultivar Albion**

Cultivar lançada comercialmente em 2004, pela Universidade da Califórnia (Davis). É uma cultivar de dia neutro, resultado de cruzamento entre a ‘Diamante’ e uma seleção originária da Califórnia. Sua arquitetura de planta é mais aberta, o que facilita a colheita. Produção com poucos picos; tem melhor sabor do que outras variedades de dia neutro. Cor semelhante à da ‘Aromas’. É mais tolerante a podridões de coroa e raiz e à murchadeira do que a ‘Diamante’.

### **Cultivar Diamante**

Cultivar lançada comercialmente pela Universidade da Califórnia (Davis), em 1997. É uma cultivar de dia neutro. Apresenta planta ereta e muito compacta, propícia a cultivos adensados. É bastante produtiva, produzindo frutos grandes, firmes e de excelente qualidade, que são recomendados para consumo in natura. A coloração do interior da fruta é vermelho-clara; por isso, não é adequada para a industrialização. É relativamente resistente ao míldio e moderadamente suscetível a manchas foliares, *Verticillium* e podridões de coroa.

### **Cultivar San Andreas**

Cultivar lançada comercialmente em 2008, pela Universidade da Califórnia (Davis). É uma cultivar de dia neutro, adaptada para a costa central e o sul da Califórnia. Originária do cruzamento entre a ‘Albion’ e uma seleção. Fruta vermelha, ligeiramente mais leve do que a ‘Albion’ e a ‘Aromas’, e mais escura do que a ‘Diamante’; grande e longa, com peso

médio de 31,6 g; firmeza e sabor semelhantes à 'Albion'; polpa mais escura e vermelha do que a 'Albion'; época e padrão de produção semelhantes à 'Albion' (Figura 7). Plantas mais vigorosas do que a 'Albion', a 'Aromas' e a 'Diamante'; plantas semelhantes em aparência à 'Albion' e à 'Diamante'; menores e mais compactas do que a 'Aromas'. Moderadamente resistentes ao oídio, à antracnose podridão da coroa, à murcha de *Verticillium*, à podridão da coroa de *Phytophthora* e à mancha-comum. É tolerante ao ácaro-rajado.



Foto: Luis Eduardo Corrêa Antunes

**Figura 7.** Frutas da cultivar San Andreas.

### Cultivar Monterey

Cultivar lançada comercialmente em 2010, pela Universidade da Califórnia (Davis). É uma cultivar considerada moderadamente de dia neutro. A floração é um pouco mais intensa do que a 'Albion', mas com um padrão de produção semelhante (Figura 8). Planta vigorosa, que pode exigir um pouco mais de espaço entre plantas do que a 'Albion'. Quanto às características pós-colheita, assemelha-se às da 'Albion'. As frutas são ligeiramente maiores do que as da 'Albion' e têm bom sabor. A cultivar possui bom nível de tolerância às doenças mais comuns na cultura do morango, embora seja suscetível ao míldio.



Foto: Luis Eduardo Corrêa Antunes

**Figura 8.** Frutas da cultivar Monterey.

### Cultivar Portola

Cultivar lançada comercialmente em 2010, pela Universidade da Califórnia (Davis). É uma cultivar considerada de dia neutro, com ampla adaptabilidade. Apresenta frutificação mais precoce do que a 'Albion'. Graças a uma forte resposta de floração, é particularmente bem adaptada aos sistemas de plantio de primavera



e verão. Planta vigorosa, que pode exigir densidade ligeiramente inferior à da 'Albion'. A fruta tem tamanho semelhante ao da 'Albion', mas tem cor mais clara e é um pouco mais brilhante (Figura 9). As características da pós-colheita são semelhantes às da 'Albion', embora seja um pouco menos tolerante a períodos de chuva.



Foto: Luis Eduardo Corrêa Antunes

**Figura 9.** Frutas da cultivar Portola.

## Referências

- ASHLEY, M. V.; WILK, J. A.; STYAN, S. M. N.; CRAFT, K. J.; JONES, K. L.; FELDHEIM, K. A.; LEWERS, K. S.; ASHMAN, T. L. High variability and disomic segregation of microsatellites in octoploide *Fragaria virginiana* Mill. (Rosaceae). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 107, p. 1201-1207, 2003.
- BASSIL, N. V.; GUNN, M.; FOLTA, K.; LEWERS, K. Microsatellite markers for *Fragaria* from 'Strawberry Festival' expressed sequence tags. **Molecular Ecology Notes**, v. 6, p. 473-476, 2006.
- BRUNINGS, A. M.; MOYER, C.; PERES, N.; FOLTA, K. M. Implementation of simple sequence repeat markers to genotype *Florida strawberry* varieties. **Euphytica**, v. 173, n. 1, p. 63-75, May 2010.
- CAMARGO, L. de S.; PASSOS, F. A. Morango. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: IAC, 1993. v. 1, p. 412-432.
- CARRASCO, B.; GARCES, M.; ROJAS, P.; SAUD, G.; HERRERA, R.; RETAMALES, J. B.; CALIGARI, P. D. S. The Chilean strawberry *Fragaria chiloensis* (L.) Duch.: genetic diversity and structure. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 132, n. 4, p. 501-506, July 2007.
- CASTRO, R. L. Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2.; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1., 2004, Pelotas. **Palestras...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 21-35. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 124).
- CIPRIANI, G.; TESTOLIN, R. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Fragaria*. **Molecular Ecology Notes**, v. 4, p. 366-368, 2004.
- CONGIU, L.; CHICCA, M.; CELLA, R.; BERNACCHIA, G. The use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers to identify strawberry varieties: a forensic application. **Molecular Ecology Notes**, v. 9, p. 229-232, 2000.
- DALE, A.; SJULIN, T. M. Few cytoplasm contribute to North-American strawberry cultivars. **HortScience**, v. 25, n. 11, p. 1341-1342, 1990.
- DAVIS, T. M.; YU, H. A linkage map of the diploid strawberry, *Fragaria vesca*. **Journal of Heredity**, v. 88, p. 215-221, 1997.
- DEBNATH, S. C.; KHANIZADEH, S.; JAMIESON, A. R.; KEMPLER, C. Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) markers to assess genetic diversity and relatedness within strawberry genotypes. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 88, n. 2, p. 313-322, Mar. 2008.
- DENG, C.; DAVIS, T. M. Molecular identification of the yellow fruit color (c) locus in diploid strawberry: a candidate gene approach. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 103, p. 316-322, 2001.

DENOYES-ROTHAN, B.; GUÉRIN, G.; LERCETEAU-KÖHLER, E.; RISSER, G. Inheritance of a race-specific resistance to *Colletotrichum acutatum* in *Fragaria x ananassa*. **Phytopathology**, v. 95, p. 405-412, 2005.

FAEDI, W.; MOURGUES, F.; ROSATI, C. Strawberry breeding and varieties: situation and perspectives. **Acta Horticulturae**, v. 567, p. 51-59, 2002.

FRANQUEZ, G. G. **Seleção e multiplicação de clones de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2008. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

GARCIA, M. G.; ONTIVERO, M.; RICCI, J. C. D.; CASTAGNARO, A. Morphological traits and high resolution RAPD markers for the identification of the main strawberry varieties cultivated in Argentina. **Plant Breeding**, v. 121, p. 76-80, 2002.

GIDONI, D.; ROM, M.; KUNIK, T.; ZUR, M.; IZSAK, E.; IZHAR, S.; FIRON, N. Strawberry cultivar identification using Randomly Amplified Polymorphic DNA (RAPD) markers. **Plant Breeding**, v. 113, n. 4, p. 339-342, Dec. 1994.

GIL-ARIZA, D. J.; AMAYA, I.; BOTELLA, M. A.; BLANCO, J. M.; CABALLERO, J. L.; LOPEZ-ARANDA, J. M.; VALPUESTA, V.; SANCHEZ-SEVILLA, J. F. EST-derived polymorphic microsatellites from cultivated strawberry (*Fragaria x ananassa*) are useful for diversity studies and varietal identification among *Fragaria* species. **Molecular Ecology Notes**, v. 6, n. 4, p. 1195-1197, Dec. 2006.

GOVAN, C. L.; SIMPSON, D. W.; JOHNSON, A. W.; TOBUTT, K. R.; SARGENT, D. J. A reliable multiplexed microsatellite set for genotyping *Fragaria* and its use in a survey of 60 *F. x ananassa* cultivars. **Molecular Breeding**, v. 22, n. 4, p. 649-661, Nov. 2008.

HADONOU, A. M.; SARGENT, D. J.; WILSON, F.; JAMES, C. M.; SIMPSON, D. W. Development of microsatellite markers in *Fragaria*, their use in genetic diversity analysis, and their potential for genetic linkage mapping. **Genome**, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2004.

HANCOCK, J. F.; CALLOW, P. A.; SHAW, D. V. Randomly Amplified Polymorphic DNAs in the cultivated strawberry, *Fragaria x ananassa*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, p. 862-864, 1994.

HAYMES, K. M.; HENKEN, B.; DAVIS, T. M.; WEG, W. E. van de; Identification of RAPD markers linked to a *Phytophthora fragariae* resistance gene (Rpf1) in the cultivated strawberry. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 94, p. 1097-1101, 1997.

HAYMES, K. M.; WEG, W. E. van de; ARENS, P.; MAAS, J. L.; VOSMAN, B.; DEN NIJS, A. P. M. Development of SCAR markers linked to a *Phytophthora fragariae* e resistance gene and their assessment in European and North American strawberry genotypes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, n. 125, p. 330-339, 2000.

JONES, C. J.; EDWARDS, K. J.; CASTAGLIONE, S.; WINFIELD, M. O.; SALA, F.; WIEL, C. V. D.; BREDEMEIJER, G.; VOSMAN, B.; MATTHES, M.; DALY, A.; BRETTSCHEIDER, R.; BETTINI, P.; BUIATTI, M.; MAESTRI, E.; MALCEVSKI, A.; MARMIROLI, N.; AERT, R.; VOLCKAERT, G.; RUEDA, J.; LINACERO, R.; VAZQUEZ, A.; KARP, A. Reproducibility testing of RAPD, AFLP and SSR markers in plants by a network of European laboratories. **Molecular Breeding**, v. 3, p. 381-390, 1997.

LERCETEAU-KÖHLER, E.; GUÉRIN, G.; DENOYES-ROTHAN, B. Identification of SCAR markers linked to *Rca2* anthracnose resistance gene and their assessment in strawberry germplasm. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 111, p. 862-870, 2005.

LEWERS, K. S.; STYAN, S. M. N.; HOKANSON, S. C. Strawberry GenBank-derived and genomic simple sequence repeat (SSR) markers and their utility with strawberry, blackberry, and red and black raspberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 130, p. 102-115, 2005.

MONFORT, A.; VILANOVA, S.; DAVIS, T. M.; ARÚS, P. A new set of polymorphic simple sequence repeat (SSR) markers from a wild strawberry (*Fragaria vesca*) are transferable to other diploid *Fragaria* species and to *Fragaria x ananassa*. **Molecular Ecology Notes**, v. 6, p. 197-200, 2006.

MORALES, R. G. F. **Divergência genética entre cultivares de morangueiro por meio de marcadores moleculares e caracteres morfoagronômicos**. 2010. 69 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava.

NJUGUNA, W. **Development and use of molecular tools in** *Fragaria*. 2010. 389 f. Dissertation (Doctor of Philosophy in Horticulture) – Oregon State University, Oregon.

SANTOS, A. M. dos. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 24-29, 1999.

SHULAEV, V.; SARGENT, D. J.; CROWHURST, R. N.; MOCKLER, T. C.; FOLKERTS, O.; DELCHER, A. L.; JAISWAL, P.; MOCKAITIS, K.; LISTON, A.; MANE, S. P.; BURNS, P.; DAVIS, T. M.; SLOVIN, J. P.; BASSIL, N.; HELLENS, R. P.; EVANS, C.; HARKINS, T.; KODIRA, C.; DESANY, B.; CRASTA, O. R.; JENSEN, R. V.; ALLAN, A. C.; MICHAEL, T. P.; SETUBAL, J. C.; CELTON, J.-M.; REES, D. J. G.; WILLIAMS, K. P.; HOLT, S. H.; ROJAS, J. J. R.; CHATTERJEE, M.; LIU, B.; SILVA, H.; MEISEL, L.; ADATO, A.; FILICHKIN, S. A.; TROGGIO, M.; VIOLA, R.; ASHMAN, T.-L.; WANG, H.; DHARMAWARDHANA, P.; ELSE, J.; RAJA, R.; PRIEST, H. D.; BRYANT JUNIOR, D. W.; FOX, S. E.; GIVAN, S. A.; WILHELM, L. J.; NAITHANI, S.; CHRISTOFFELS, A.; SALAMA, D. Y.; CARTER, J.; GIRONA, E. L.; ZDEPSKI, A.; WANG, W.; KERSTETTER, R. A.; SCHWAB, W.; KORBAN, S. S.; DAVIK, J.; MONFORT, A.; DENOYES-ROTHAN, B.; ARUS, P.; MITTLER, R.; FLINN, B.; AHARONI, A.; BENNETZEN, J. L.; SALZBERG, S. L.; DICKERMAN, A. W.; VELASCO, R.; BORODOVSKY, M.; VEILLEUX, R. E.; FOLTA, K. M. The genome of the woodland strawberry (*Fragaria vesca*). **Nature Genetics**, v. 43, p. 109-116, 2011.

VANCE, M. W.; HASING, T.; CHANDLER, C. K.; PLOTTO, A.; BALDWIN, E. Historical trends in strawberry fruit quality revealed by a trial of University of Florida Cultivars and advanced selections. **HortScience**, v. 46, n. 4, p. 553-557, 2011.

WEEBADDE, C. K.; WANG, D.; FINN, C. E.; LEWERS, K. S.; LUBY, J. J.; BUSHAKRA, J.; SJULIN, T. M.; HANCOCK, J. F. Using a linkage mapping approach to identify QTL for day-neutrality in the octoploid strawberry. **Plant Breeding**, v. 127, p. 94-101, 2008.

WEG, W. E. van de. Resistance to *Phytophthora fragariae* var. *fragariae* in strawberry: the *Rpf2* gene. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 94, p. 1092-1096, 1997.

WHITAKER, V. M. V. Applications of molecular markers in strawberry. **Journal of Berry Research**, v. 1, p. 115-127, Apr. 2011.



CAPÍTULO

# 9

## Fertilidade do solo e nutrição

Carlos Augusto Posser Silveira  
Rosane Martinazzo  
Volnei Pauletti



## Introdução

As duas últimas modificações nas recomendações de adubação para o morangueiro nos três principais estados produtores brasileiros (Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul) foram incorporadas aos manuais de adubação e calagem nas décadas de 1980 e 1990. Elas foram desenvolvidas para os sistemas de produção e para as cultivares disponíveis na época. Mais de duas décadas se passaram e, durante esse período, muitas mudanças ocorreram na cadeia produtiva do morango, como a utilização de novas cultivares (OLIVEIRA et al., 2005, 2007) e a incorporação de novas práticas de manejo. Essas variáveis, aliadas à variabilidade edafoclimática das áreas de produção e aos diferentes níveis tecnológicos adotados, influenciaram diretamente o desempenho produtivo do morangueiro (SANTOS; MEDEIROS, 2005). Isso requer avaliação cautelosa e frequente revisão do manejo da adubação, que deve atender às exigências das cultivares utilizadas e às condições do ambiente de cultivo. Entretanto, o manejo da adubação não tem recebido a devida importância no sistema produtivo do morango.

Islabão et al. (2009), em estudo de caracterização das lavouras de morango em 14 propriedades do município de Turucu, RS, relataram que a aplicação de fertilizantes em níveis muito acima das recomendações técnicas é uma prática rotineira entre os produtores. Por sua vez, Henz et al. (2009) verificaram que apenas metade dos produtores faz a análise do solo antes do plantio das mudas.

A falta de conhecimento dos fatores de produção, aliada ao baixo custo da adubação, em comparação com as demais despesas operacionais relacionadas com o sistema produtivo do morango, induz, muitas vezes, ao manejo inadequado e ineficiente desses insumos, tanto do ponto de vista econômico quanto do ambiental. Carvalho (2005) informa que, em Minas Gerais, principal produtor brasileiro de morango, o gasto com fertilizantes e corretivos de solo por hectare da fruta corresponde a 14% dos custos operacionais, sendo o restante relacionado a embalagem (43%), mecanização e mão de obra (16%), mudas (14,5%), agrotóxicos (10%) e outros custos (2,5%). Por esse motivo, quantidades elevadas de fertilizantes têm sido utilizadas na maioria das lavouras comerciais de morango, o que tem propiciado a ocorrência de desbalanço de nutrientes, especialmente de teores de fósforo (P) e potássio (K), utilizados muito acima do nível crítico, conforme relatado por alguns autores (ARAÚJO, 2011; BAMBERG, 2010; ISLABÃO et al., 2009; VIGNOLO, 2011). Essa prática, além de elevar os custos de produção, pode causar estresse salino às plantas (BAMBERG, 2010), resultando em redução do crescimento, diminuição da síntese de metabólitos e de



compostos estruturais e perda de produtividade (BLANCO; FOLEGATTI, 2001; FATTAHI et al., 2009; RHOADES et al., 1992). Pode, ademais, aumentar o risco de contaminação do ambiente (SHARPLEY et al., 2001; SHAVIV; MIKKELSEN, 1993).

Considerando essas informações, o presente capítulo pretende abordar: 1) noções de fertilidade do solo e nutrição de plantas para recomendações de adubação e calagem; 2) recomendações de adubação e calagem para a cultura do morangueiro vigentes no País; e 3) análise crítica de dados obtidos em condições edafoclimáticas do Rio Grande do Sul.

## Noções de fertilidade do solo e nutrição de plantas

### Fatores de natureza química que influenciam o desenvolvimento das plantas

Inúmeros são os fatores que afetam, direta ou indiretamente, o desenvolvimento e a produtividade do morangueiro. Alguns deles podem ser controlados, mas outros não, como os fatores climáticos, especialmente nos cultivos a céu aberto. Entre os fatores passíveis de interferência, citam-se aqueles relativos ao manejo do solo e da cultura. Neste capítulo, serão abordados alguns dos fatores de solo.

Entre os fatores químicos que interferem no cultivo do morangueiro destacam-se: a) a disponibilidade de nutrientes e a presença de elementos tóxicos; b) a reação do solo (pH); e c) o teor de matéria orgânica. Os elementos considerados essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas são: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), molibdênio (Mo) e níquel (Ni) (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). O carbono, o oxigênio e o hidrogênio são obtidos pelas plantas, do ar e da água, durante a fotossíntese, em que o CO<sub>2</sub> atmosférico e a água são convertidos em carboidratos simples, a partir dos quais aminoácidos, açúcares, proteínas, ácido nucleico e outros compostos orgânicos são sintetizados (MEURER, 2007). Os demais nutrientes são obtidos pela planta via solução do solo ou, em alguns casos, através das folhas. Cada um dos nutrientes possui funções específicas no metabolismo das plantas e,

portanto, desequilíbrio em suas proporções (deficiências ou excessos) podem causar limitações no desenvolvimento das espécies.

No solo, a dinâmica dos nutrientes e dos elementos tóxicos é governada por diversos fatores, sendo o pH um dos mais importantes. Além de gerir a disponibilidade dos elementos, o pH afeta a atividade de microrganismos, favorece ou inibe doenças nos cultivos e interfere na habilidade de competição entre diferentes espécies de plantas (MEURER, 2007). Para o morangueiro, o  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  considerado adequado está em torno de 6,0, que é a condição em que a cultura apresenta melhor desenvolvimento e em que a maioria dos nutrientes presentes na solução do solo está disponível para a absorção pelas plantas (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004).

Os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, por efeitos diretos ou indiretos, apresentam maior disponibilidade às plantas em valores de pH na faixa de 6,0 a 6,5. O P, em especial, tem disponibilidade muito baixa em solos ácidos, pois, nessas condições, a superfície dos óxidos de ferro (abundantes nos solos brasileiros) está carregada positivamente, atraindo ânions, como fosfato, os quais formam complexos de esfera interna com os óxidos, diminuindo sensivelmente a disponibilidade de P. Os micronutrientes, por sua vez, estarão menos disponíveis às plantas em condições de pH elevado, exceto o molibdênio e o cloro. A diminuição da disponibilidade desses micronutrientes também resulta de sua sorção na superfície dos óxidos, que, em solos com valores elevados de pH, aumentam as cargas negativas de suas superfícies, atraindo os micronutrientes catiônicos (MEURER, 2007).

O pH também interfere na dinâmica de alguns elementos que apresentam efeito tóxico às plantas, como o Al e o Mn, e alguns elementos-traço (Tabela 1). Em geral, o  $\text{Al}^{+3}$  é o principal elemento fitotóxico, sendo o grau de sensibilidade ao  $\text{Al}^{+3}$  variável entre as espécies e muitas vezes dentro da mesma espécie, entre genótipos (MEURER, 2007). O  $\text{Al}^{+3}$  atua na membrana plasmática das células dos tecidos radiculares, alterando sua morfologia e reduzindo o seu crescimento e a emissão de raízes secundárias. Com isso, a absorção de água e nutrientes pelas plantas é reduzida significativamente, e o seu desenvolvimento é prejudicado. Em solos com valores de pH abaixo de 5,5, o Al encontra-se, predominantemente, na sua forma hexa-hidratada  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ , caracteristicamente tóxico para as plantas; porém, em solos com pH acima de 5,5, o alumínio encontra-se em formas precipitadas, sendo esses não tóxicos ou de baixa toxidez para as plantas (KAMINSKI et al., 2007).

O Mn, embora seja elemento essencial às plantas, quando em excesso prejudica o seu desenvolvimento. No solo, o Mn é componente de óxidos, carbonatos, silicatos e sulfetos,

**Tabela 1.** Toxidez de alguns elementos para plantas e mamíferos.

Forma mais tóxica do elemento	Fitotoxidez	Toxidez para mamíferos
Ag <sup>+</sup>	Alta	Alta
B(OH) <sub>3</sub>	Média	Baixa
Cd <sup>+2</sup>	Média-alta	Alta
Co <sup>+2</sup>	Média-alta	Média
CrO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Média-alta	Alta
Cu <sup>+2</sup>	Média-alta	Média
Hg <sup>+2</sup>	Alta	Alta
MoO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Média	Média
Ni <sup>+2</sup>	Média-alta	Média
Pb <sup>+2</sup>	Média	Alta
SeO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Média-alta	Alta
Zn <sup>+2</sup>	Baixa-média	Baixa-média

Fonte: Meurer (2007).

sendo os óxidos e os sulfetos as formas mais comuns. Na solução do solo e no complexo de troca, o Mn encontra-se, principalmente, na forma Mn<sup>+2</sup>, enquanto Mn<sup>+3</sup> e Mn<sup>+4</sup> formam óxidos praticamente insolúveis. A disponibilidade de Mn<sup>+2</sup> depende do pH, do potencial redox do solo, dos teores de matéria orgânica e do equilíbrio com outros cátions, principalmente Fe, Ca e Mg. Em solos com valores de pH acima de 5,5, a oxidação do Mn é favorecida, e sua disponibilidade para as plantas diminui. Por seu turno, maiores teores de Mn disponíveis são observados em solos mais ácidos e com baixo potencial redox (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). O teor de matéria orgânica interfere na disponibilidade do Mn tanto por causa de suas características acidificantes e redutoras, quanto pela sua capacidade de formar quelatos em condições adversas de pH.

A matéria orgânica do solo (MOS) tem efeito direto e indireto sobre a fertilidade do solo. Os compostos orgânicos solúveis desempenham papel importante na nutrição de plantas, pois atuam como fonte imediata de nutrientes. Entretanto, as suas formas mais estáveis contribuem para o aumento das cargas elétricas negativas do solo (CTC), em virtude da desprotonação de seus grupos funcionais, especialmente carboxílicos, que favorecem a retenção de nutrientes e sua disponibilidade para as plantas. Do ponto de vista ambiental, a importância dessas substâncias está associada à sua elevada reatividade. Essa fração pode

atuar como agente mitigador do efeito tóxico de metais pesados, por conta da acentuada capacidade complexante de metais apresentada pelos ácidos orgânicos, como também de compostos xenobióticos orgânicos, como pesticidas, em virtude da interação desses com as estruturas hidrofóbicas presentes na MOS (DICK; MARTINAZZO, 2006). A alta reatividade da MOS também diminui a atividade de elementos como o  $Al^{+3}$  em solos ácidos, favorecendo sua complexação e aliviando seus efeitos deletérios (FRANCHINI et al., 1999).

## Transporte de nutrientes no solo

Em geral, o volume de solo ocupado pelo sistema radicular das plantas é bastante restrito; assim, a absorção de nutrientes, motivada pelo contato da raiz com os elementos durante o seu crescimento – processo denominado interceptação radicular –, geralmente não é suficiente para suprir as necessidades da planta. Por isso, os nutrientes precisam migrar para a região próxima à raiz para, então, serem absorvidos. Existem dois mecanismos distintos responsáveis pela aproximação dos nutrientes até a membrana celular da raiz – o fluxo de massa e a difusão –, cuja participação varia conforme o tipo de nutriente e suas interações com o solo (NOVAIS; MELLO, 2007).

O fluxo de massa é consequência da existência de um potencial de água no solo maior do que aquele junto à raiz. A planta, ao transpirar, bombeia a água que se encontra em contato com a raiz e, por conseguinte, a água que se encontra longe da raiz migra para a sua superfície, trazendo com ela os íons que estão em solução. Portanto, fluxo de massa se refere à quantidade de íons que chega até a rizosfera em decorrência da absorção de água pelas plantas. Elementos que se encontram em maiores concentrações na solução do solo, como Ca, N, Mg, e até mesmo S, são transportados preferencialmente por fluxo de massa (NOVAIS; MELLO, 2007). Quando a concentração do íon na solução do solo é elevada, pode ser que o fluxo de massa seja suficiente para suprir as necessidades das plantas (VARGAS et al., 1983). Entretanto, quando a concentração do íon na solução for muito baixa, como ocorre para P e Zn, a quantidade de nutriente que chega até a rizosfera por fluxo de massa fica aquém da necessidade das plantas. Nesse caso, a difusão torna-se o principal mecanismo de transporte. Esse tipo de transporte ocorre quando a absorção é superior à chegada do elemento à superfície da raiz, criando-se, assim, um gradiente de concentração (menos concentrado perto da raiz) que proporciona a difusão dos elementos de zonas de maior concentração no solo em direção à rizosfera (NOVAIS; MELLO, 2007).

## Absorção de nutrientes pelas raízes

O uso eficiente dos nutrientes pelas plantas está relacionado às suas características morfofisiológicas. As características morfológicas referem-se: a) à elevada relação entre raiz e parte aérea; b) ao sistema radicular extensivo, que explora grande volume de solo; c) ao sistema radicular eficiente; e d) à capacidade de realizar simbiose com microrganismos. Por sua vez, as características fisiológicas mais importantes para a nutrição das plantas são: a) habilidade do sistema radicular em modificar a rizosfera, a fim de favorecer a absorção de nutrientes em situação de baixa disponibilidade; b) capacidade de manter o metabolismo normal com baixo teor de nutrientes nos tecidos; e c) elevada taxa fotossintética (FAGERIA; BALIGAR, 1993).

A eficiência de absorção de nutrientes pelas raízes também depende de características herdadas geneticamente (MEURER, 2007), ou seja, as plantas diferem entre si quanto à sua capacidade de absorver os nutrientes nas diversas situações de fertilidade do solo (adaptabilidade a solos de baixa fertilidade e/ou resposta à adubação). Em geral, essa eficiência de absorção de nutrientes é descrita pelos seguintes parâmetros cinéticos:

- A  $I_{maxr}$  que se refere à máxima capacidade de absorção por unidade de superfície de raiz, numa unidade de tempo.
- O  $K_m$ , que é a concentração do nutriente, externa à raiz, que permite que seja alcançada a metade da  $I_{max}$  – esse parâmetro representa a afinidade do carregador pelo nutriente; por isso, quanto menor o  $K_m$ , maior a taxa com que o nutriente é absorvido em baixas concentrações.
- O  $C_{minr}$ , que é a menor concentração do nutriente na solução na qual ele ainda poderia ser absorvido, ou seja, valor abaixo do qual não haveria mais absorção.

Portanto, a planta ideal deveria possuir um alto  $I_{maxr}$ , um muito baixo  $K_m$  e ainda um menor  $C_{min}$  (NOVAIS; MELLO, 2007). Porém, geralmente, plantas melhoradas geneticamente possuem valores altos dos três parâmetros.

## Formas de adubação

As indicações de adubação normalmente são estabelecidas de acordo com as faixas de teores de nutrientes no solo. Consistem de adubação de correção, adubação de

manutenção e adubação de reposição. A adubação de correção resume-se em aplicar todo o fertilizante fosfatado ou potássico de uma só vez, visando elevar os teores de P e K no solo até os teores críticos, os quais são estabelecidos para um rendimento de aproximadamente 90% do rendimento máximo da cultura. A adubação de correção é indicada para solos de fertilidade muito baixa e quando houver disponibilidade de recursos financeiros para esse investimento. Cabe salientar que a adubação corretiva não é indicada para solos arenosos, principalmente quando os teores de nutrientes forem muito baixos, pois as quantidades a serem aplicadas seriam elevadas e poderia ocorrer perda de nutrientes por lixiviação (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004).

Em solos nos quais os nutrientes encontram-se acima dos teores críticos, a resposta das plantas à adição de fertilizantes é pequena ou nula (conceito de teor crítico), bastando, portanto, adicionar as quantidades extraídas pelas plantas mais as perdas do sistema. Essas perdas variam de acordo com o sistema de manejo utilizado. Em lavouras de produção de grãos, as perdas representam de 20% a 50% do total aplicado em sistema de cultivo convencional, e de 20% a 30% em sistema plantio direto. Para o sistema produtivo de morango, não foram encontrados dados médios de perdas de fertilizantes; entretanto, espera-se que seja menor do que nas lavouras de grãos, graças à cobertura plástica dos canteiros (*mulching*), a menos que o manejo da irrigação seja ineficiente. Esse tipo de adubação é chamado de adubação de manutenção, que é recomendada sempre que os teores de nutrientes no solo se encontrarem acima dos níveis críticos. Por fim, a adubação de reposição é indicada sempre que os teores de nutrientes no solo estiverem muito altos. Nessa situação, ao se decidir sobre as doses a serem aplicadas, deve-se levar em consideração apenas a exportação de nutrientes pela cultura (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004).

## Uso eficiente de fertilizantes

### Escolha da fonte

A escolha da fonte a ser utilizada na produção de morango depende das condições de solo e de clima do local de cultivo. Segundo Filgueira (2003), o morangueiro é uma cultura exigente quanto às condições físicas e químicas do solo. Adapta-se melhor a solos de textura média, com fertilidade elevada e teor adequado de matéria orgânica. Por tais motivos, nos cultivos comerciais utilizam-se, em geral, revolvimento do solo e formação

de canteiros, aliados à adubação com fertilizantes minerais solúveis e esterco. Os fertilizantes minerais solúveis permitem o fornecimento imediato dos nutrientes às plantas, e seu uso é recomendado quando a cultura de interesse possui ciclo curto e o solo apresenta fertilidade baixa. Contudo, como o ciclo do morango é relativamente longo, a utilização de fertilizantes de liberação lenta que possam suprir adequadamente as plantas ao longo de todo o ciclo (SELBACH; SÁ, 2004) e/ou o uso da fertirrigação têm sido indicados.

Em geral, os esterco de curral e de aves têm sido as fontes orgânicas mais utilizadas no preparo dos canteiros de morangueiro. Para as condições dos estados de São Paulo e Minas Gerais, Raij et al. (1996) e Ribeiro et al. (1999) recomendam a aplicação de 15 t ha<sup>-1</sup> a 40 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral ou um quarto desse total de esterco de galinha poedeira, sendo as maiores quantidades indicadas para solos arenosos. Em São Paulo, recomenda-se a aplicação do esterco juntamente com os fertilizantes minerais solúveis, 25 a 30 dias antes do transplante das mudas; enquanto, em Minas Gerais, a aplicação de fontes orgânicas é feita 30 dias antes, e a dos fertilizantes minerais solúveis, 15 dias antes do plantio. As recomendações para o Rio Grande do Sul não especificam doses e fontes de adubação orgânica para o cultivo do morangueiro (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004), embora essa prática seja bastante comum entre os produtores. As quantidades normalmente utilizadas naquele estado giram em torno de 2 kg a 3 kg de cama de aviário para cada metro quadrado de canteiro (que corresponde a 20 t ha<sup>-1</sup> a 30 t ha<sup>-1</sup>), o que está de acordo com a dose sugerida por Rebelo e Balardin (1997).

Outras fontes de liberação lenta de nutrientes que vêm sendo testadas incluem pó de diferentes tipos de rocha (ARAÚJO, 2011; VIGNOLO, 2011), torta de mamona (ARAÚJO, 2011; MOURA et al., 2010; VIGNOLO et al., 2011), coprodutos do folhelho pirobetuminoso (ARAÚJO, 2011; VIGNOLO, 2011), entre outros. Os resultados obtidos indicam que a maioria das fontes minerais (rochas) apresenta eficiência agrônômica satisfatória, aliada a vantagens ambientais, quando comparadas aos fertilizantes minerais solúveis de elevada concentração. Além disso, podem promover o aumento da CTC do solo graças à presença e/ou à neoformação de argilominerais do tipo 2:1. Entre os produtos de origem orgânica, a torta de mamona – produzida por meio do processamento das sementes da mamoneira (*Ricinus communis*) para a extração de óleo para a produção de biodiesel – tem se destacado por apresentar resultados bastante promissores para a agricultura. A torta apresenta níveis satisfatórios de nutrientes (em torno de 5% de N, 3% de P e 1% de K) e liberação gradual, ou seja, em sincronia com os requerimentos da planta ao longo do ciclo. Além disso, segundo



Severino et al. (2006), a torta de mamona pode propiciar a melhoria das propriedades físicas do solo, atuando no aumento da capacidade de armazenamento de água e da aeração.

Por sua vez, Guertal (2000) mostrou não haver aumento de produção utilizando-se fertilizantes de liberação lenta de N, em vez de fontes solúveis desse nutriente. Porém, o autor ressalta que seus benefícios na produção não são facilmente demonstrados, sendo o uso desse tipo de fertilizante justificado por outros benefícios, como a redução da lixiviação de N, o aumento da eficiência de uso do N e a diminuição dos custos de produção.

## Escolha da dose

A dose correta de fertilizantes para a cultura é definida em estudos de calibração, nos quais diversos experimentos são conduzidos em diferentes solos e épocas, a fim de se determinar a quantidade de nutrientes necessária para que a cultura expresse o seu potencial de rendimento, sempre que os demais fatores não sejam limitantes. Nesses estudos, o rendimento relativo das culturas é relacionado com os teores dos nutrientes no solo, gerando as chamadas curvas de calibração. Com base nessas curvas, são definidos os teores críticos, acima dos quais a probabilidade de resposta das culturas à adição de fertilizantes e corretivos é pequena ou não existe (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2004). Obviamente, essa calibração não engloba toda a variabilidade de condições edafoclimáticas e de cultivares existentes e, portanto, constantes monitoramentos e ajustes das doses dentro de cada sistema produtivo tornam-se necessários. A forma mais conhecida e prática de se fazer esse ajuste é pelo acompanhamento dos teores de nutrientes no solo e nas folhas indicadoras do estado nutricional das plantas.

A análise de solo é feita antes da implantação dos cultivos e informa os teores de nutrientes disponíveis para as plantas. Esses valores são, então, enquadrados nas faixas de interpretação, estabelecidas nas curvas de calibração, para posterior definição das doses de aplicação. As doses atualmente recomendadas para cada faixa de interpretação nos três principais estados produtores encontram-se na Tabela 2.

A análise foliar, por sua vez, tem por finalidade detectar deficiências ou excessos de nutrientes durante o ciclo da planta, permitindo, na maioria dos casos, intervenções efetivas antes que os danos à produtividade ocorram. De acordo com Raij et al. (1996) e CQFS-RS/SC (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004), para a cultura do morangueiro, deve-se coletar a terceira e a quarta folhas recém-desenvolvidas

**Tabela 2.** Faixa de interpretação dos teores de N<sup>(1)</sup>, P e K no solo, doses recomendadas para adubação de plantio e de cobertura, densidade de plantas e produtividade esperada do morangueiro em São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Nível de fertilidade e/ou teor do nutriente no solo	Dose recomendada (kg ha <sup>-1</sup> )			Forma de aplicação	Densidade de plantas por produtividade esperada	Referência/ Estado		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O					
<b>Adubação de plantio</b>								
Muito Baixo a Médio	0	1.000	360	Aplicar o adubo mineral juntamente com 50 t ha <sup>-1</sup> a 100 t ha <sup>-1</sup> de adubo orgânico, 25 a 30 dias antes do plantio das mudas	80 mil mudas por hectare	Raij et al. (1985) – São Paulo		
Alto e Muito Alto	0	600	240					
<b>Adubação de cobertura</b>								
Muito Baixo a Médio	180	-	90	Aplicar seis coberturas de 120 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 30-0-15, espaçadas de um mês, a partir do plantio. É recomendável aplicar adubo foliar contendo micronutrientes, alternando um rico em N com um rico em P				
Alto e Muito Alto	180	-	90					
<b>Adubação de plantio</b>								
Muito Baixo	40	900	400	Aplicar o adubo mineral juntamente com 15 t ha <sup>-1</sup> a 30 t ha <sup>-1</sup> de esterco de curral ou um quarto desse total de esterco de galinha, 25 a 30 dias antes do transplante das mudas				
Baixo	40	600	300					
Médio	40	450	200					
Alto	40	300	100					
<b>Adubação de cobertura</b>								
Muito Baixo	30	-	15	Aplicar seis coberturas de 30 kg ha <sup>-1</sup> de N e 15 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O a cada mês, a partir do plantio. É recomendável fazer quatro aplicações de ureia (5 g L <sup>-1</sup> ) por semana, a partir do plantio, e, caso necessário, fazer aplicação de micronutrientes contendo B, Zn e Cu a cada 3 semanas. Na fase de frutificação, usar sulfato de K e cálcio, via foliar, para dar firmeza aos frutos	n.i.	Raij et al. (1996) – São Paulo		
Baixo	30	-	15					
Médio	30	-	15					
Alto	30	-	15					

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Nível de fertilidade e/ou teor do nutriente no solo	Dose recomendada (kg ha <sup>-1</sup> )			Forma de aplicação	Densidade de plantas por produtividade esperada	Referência/ Estado		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O					
Adubação de plantio								
Baixa	35	400	245	Aplicar 20 t ha <sup>-1</sup> a 40 t ha <sup>-1</sup> de esterco de curral curtido ou 5 t ha <sup>-1</sup> a 10 t ha <sup>-1</sup> de esterco de galinha, 30 dias antes do plantio	50 t ha <sup>-1</sup> a 80 t ha <sup>-1</sup>	Ribeiro et al. (1999) – Minas Gerais		
Média	35	300	175	Aplicar os fertilizantes minerais 15 dias antes do plantio				
Boa	35	200	105					
Muito Boa	35	100	56					
Adubação de cobertura								
Baixa	30,8	-	17,5	Fazer aplicação parcelada do N e K (em seis vezes, nas quantidades indicadas ao lado), a cada mês.	n.i.	Manual... (1981) – Rio Grande do Sul e Santa Catarina		
Média	30,8	-	12,5	É recomendável fazer quatro aplicações de ureia (5 g L <sup>-1</sup> ) por semana, a partir do plantio, e caso haja produção de frutos deformados, fazer três aplicações de ácido bórico (1,5 g L <sup>-1</sup> ) por semana, durante o florescimento				
Boa	30,8	-	7,5					
Muito Boa	30,8	-	4,0					
Adubação de plantio								
Baixa	-	100	80	Fazer a aplicação no plantio				
Média	-	100	60					
Alta	-	100	40					
Adubação de cobertura								
Baixa	120	-	-	Fazer a aplicação do N 30 dias após o transplante das mudas				
Média	80	-	-					
Alta	40	-	-					

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Nível de fertilidade e/ou teor do nutriente no solo	Dose recomendada (kg ha <sup>-1</sup> )			Forma de aplicação	Densidade de plantas por produtividade esperada	Referência/ Estado
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
Adubação de plantio						
Limitante	-	260	200	A recomendação de N baseia-se no teor de matéria orgânica do solo, sendo Baixo (≤ 2,5%), Médio (2,6%–5,0%) e Alto (> 5,0%)	n.i.	Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/ SC (1987) – Rio Grande do Sul e Santa Catarina
Muito Baixo	-	220	160			
Baixo	60	180	120			
Médio	40	120	80			
Suficiente	-	90	60			
Alto	≤ 20	≤ 90	≤ 40			
Adubação de cobertura						
Limitante	-	-	-	A aplicação do N em cobertura deve ser feita 30 dias após o transplante das mudas		
Muito Baixo	-	-	-			
Baixo	60	-	-			
Médio	40	-	-			
Suficiente	-	-	-			
Alto	≤ 20	-	-			

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Nível de fertilidade e/ou teor do nutriente no solo	Dose recomendada (kg ha <sup>-1</sup> )			Forma de aplicação	Densidade de plantas por produtividade esperada	Referência/ Estado
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
Adubação de plantio						
Limitante	-	260	200	A recomendação de N baseia-se no teor de matéria orgânica do solo, sendo baixo (< 2,5%), médio (2,5%–5,0%) e alto (> 5,0%). A aplicação dos fertilizantes é feita no momento do plantio	n.i.	Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (1995) – Rio Grande do Sul e Santa Catarina
Muito Baixo	-	220	160			
Baixo	60	180	120			
Médio	40	120	80			
Suficiente	-	90	60			
Alto	≤ 20	≤ 90	≤ 40			
Adubação de cobertura						
Limitante	-	-	-	A aplicação de N em cobertura deve ser feita 30 dias após o transplante das mudas	n.i.	Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (1995) – Rio Grande do Sul e Santa Catarina
Muito Baixo	-	-	-			
Baixo	60	-	-			
Médio	40	-	-			
Suficiente	-	-	-			
Alto	≤ 20	-	-			

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Nível de fertilidade e/ou teor do nutriente no solo				Dose recomendada (kg ha <sup>-1</sup> )			Forma de aplicação	Densidade de plantas por produtividade esperada	Referência/ Estado
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
Adubação de plantio									
Muito Baixo				-	260	200	A recomendação de N baseia-se no teor de matéria orgânica do solo, sendo Baixo (<2,5%), médio (2,5%–5,0%) e Alto (>5,0%). A aplicação dos fertilizantes é feita no momento do plantio	n.i.	Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004) – Rio Grande do Sul e Santa Catarina
Baixo				60	220	160			
Médio				40	180	120			
Alto				-	120	80			
Muito Alto				≤ 20	≤ 90	≤ 60			
Adubação de cobertura									
Muito Baixo				-	-	-	A aplicação do N em cobertura deve ser feita 30 dias após o transplante das mudas		
Baixo				60	-	-			
Médio				40	-	-			
Alto				-	-	-			
Muito Alto				≤ 20	-	-			

<sup>(1)</sup>As recomendações de nitrogênio (N) nos estados de São Paulo e Minas Gerais não são baseadas na análise de solo e, portanto, a adubação nitrogenada é invariável. n.i.: não informado.

(sem pecíolo) de 30 plantas no início do florescimento. Especial atenção deve ser dada à época de amostragem das folhas para análise, pois o morangueiro, assim como outras culturas agrícolas (DOMÍNGUEZ et al., 2007, 2009; FERNÁNDEZ-ESCOBAR et al., 1999), apresenta variações no conteúdo foliar de nutrientes ao longo do ciclo de desenvolvimento. Em estudo com mais de 1.150 amostras de folhas de morango provenientes de diversas áreas comerciais do Sul da Espanha, Domínguez et al. (2009) observaram variações sazonais significativas nos níveis dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S e da maioria dos micronutrientes (Fe, Zn, B e Mo). Somente Mn e Cu apresentaram níveis estáveis durante todo o ciclo (de outubro a maio). Nesse estudo, os teores foliares máximos dos nutrientes N, P, K, Mg e Zn foram observados na primeira metade do ciclo da cultura (de outubro a janeiro) e, posteriormente, decresceram gradualmente, alcançando os menores valores no final do ciclo produtivo (maio). Comportamento inverso foi observado para Ca, Fe e B. Esse estudo foi realizado no período de 2000 a 2006, sendo que as amostragens ocorreram de outubro a maio, consistindo em 30 a 40 folhas recém-maduras e com pecíolo. As cultivares mais representativas da área de estudo foram Camarosa, Ventana e Candonga.

Estudos anteriores também relataram que a concentração dos elementos muda rapidamente durante os períodos de alta atividade metabólica, como florescimento e frutificação (KWONG; BOYNTON, 1959; RAIJ et al., 1996). Apesar disso, os autores consideram que a amostragem de folhas maduras no início do florescimento apresenta boa representatividade do estado nutricional das plantas.

Os teores apresentados na Tabela 3 são os valores de referência atualmente utilizados para a interpretação dos resultados das análises de tecidos em São Paulo, no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, de acordo com o *Manual de recomendação de adubação e calagem* dos respectivos estados (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004; RAIJ et al., 1996). Esses valores divergem dos resultados de pesquisa obtidos anteriormente (BOULD; CATLOW, 1954; CUTCLIFFE; BLATT, 1984; SOUZA et al., 1976), o que se deve provavelmente às diferenças de cultivares e sistemas de produção utilizados nas distintas épocas em que os estudos foram desenvolvidos.

A falta ou o excesso de macro e micronutrientes também pode ser diagnosticado visualmente. No entanto, os sintomas de deficiência e de excesso, e os respectivos danos, podem ser confundidos pela relativa semelhança. Contudo, o que normalmente se observa nas lavouras comerciais de morango é a adição de fertilizantes para além das doses recomendadas, no intuito de evitar a falta de nutrientes às plantas. Isso pode, muitas vezes, causar danos às plantas, ao invés dos benefícios esperados. A seguir, são apresentadas as



**Tabela 3.** Limites inferior e superior dos níveis adequados de macro e micronutrientes em folhas<sup>(1)</sup> indicadoras do estado nutricional do morangueiro.

Limite	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
Inferior	15,0	2,0	20,0	1,0	10,0	6,0	35,0	5,0	50,0	30,0	20,0
Superior	25,0	4,0	40,0	5,0	25,0	10,0	100,0	20,0	300,0	300,0	50,0

<sup>(1)</sup>Parte da planta amostrada: terceira e quarta folhas recém-desenvolvidas, sem pecíolo; número de plantas: 30; época de amostragem: início do florescimento.

Fonte: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004); Grassi Filho et al. (1999); Raij et al. (1996), dados compilados por Pacheco et al. (2007).

funções e os principais sintomas visuais da deficiência e/ou do excesso desses elementos no morangueiro:

- Nitrogênio (N): o N é necessário para a síntese da clorofila e, portanto, está diretamente envolvido no processo da fotossíntese. A deficiência de N provoca subdesenvolvimento da planta, restringindo a produção de massa seca da parte aérea e das raízes. Os sintomas visuais da falta do nutriente incluem o amarelecimento da planta, de forma generalizada, porém com maior intensidade nas folhas velhas, já que o N é um nutriente móvel na planta. Com o avanço dessa deficiência, a borda

das folhas mais velhas assume coloração avermelhada (Figura 1). Por sua vez, o excesso de N provoca crescimento excessivo da parte aérea das plantas, redução da qualidade dos frutos e favorecimento de doenças (KOPANSKI; KAWECKI, 1994; PASSOS, 1999; TAIZ; ZEIGER, 2002; VAUGHN et al., 1954; YOSHIDA et al., 1991). Segundo Pacheco et al. (2007), em geral, quando os teores de N no solo são

Foto: Cleber Rodas



**Figura 1.** Sintomas visuais em morangueiro com deficiência de nitrogênio: avermelhamento e necrose das folhas, que anteriormente apresentavam clorose.

altos, a planta investe na formação de folhas e estolho, em detrimento da produção de frutos.

- **Fósforo (P):** o P desempenha papel importante na fotossíntese, na respiração, no armazenamento e na transferência de energia, na divisão e no crescimento celular, entre outros processos. O P é importante na transferência de energia, como parte do trifosfato de adenosina (ATP), como componente de proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos e substratos metabólicos (TAIZ; ZEIGER, 2002). A deficiência de P é responsável pela redução tanto do crescimento vegetativo, incluindo a emissão de estolhos, quanto do reprodutivo (emissão de flores). A falta do nutriente pode tornar os frutos mais ácidos e com aroma desagradável. Além disso, a correta nutrição fosfatada é importante para aumentar a resistência do morangueiro a doenças e a consistência e o tamanho dos frutos (PACHECO et al., 2007).

O principal sintoma visual da deficiência é uma coloração, que varia de verde-escura a azulada, em pequenas nervuras, que, posteriormente, atinge toda a superfície da folha. Isso resulta da redução do crescimento das folhas, havendo, portanto, um efeito de concentração de clorofila por unidade de área foliar. Com o avanço da deficiência, as folhas mais velhas das plantas poderão apresentar tonalidade roxa (Figura 2).



Foto: Cleber Rodas

**Figura 2.** Sintomas visuais em morangueiro com deficiência de fósforo: tonalidade verde-escura da planta, com roxeamento das folhas mais velhas.

- **Potássio (K):** a deficiência de K afeta o desenvolvimento radicular e pode restringir a produção de matéria seca da parte aérea. Além disso, a falta do nutriente interfere nas características organolépticas (cor, textura e sabor) dos frutos (PACHECO et al., 2007). O sintoma visual da deficiência desse nutriente é uma coloração púrpura-a-vermelhada a partir das margens dos folíolos, a qual evolui, envolvendo a metade da superfície do folíolo, e formando um triângulo esverdeado, que tem como centro a nervura central. Esse sintoma normalmente inicia nas folhas mais velhas (Figura 3). O excesso de K, normalmente nas folhas mais velhas, pode causar desidratação e rompimento de membrana nas células, provocando o aparecimento

de manchas necróticas nas folhas (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

- Cálcio (Ca): é um elemento essencial para o crescimento de meristemas e, particularmente, para o crescimento e o funcionamento apropriado dos ápices radiculares. O Ca também tem papel estrutural, ao manter a integridade da membrana citoplasmática, além de ser importante para o desenvolvimento vegetal e a regulação metabólica (TAIZ; ZEIGER, 2002). A deficiência

de Ca interfere na qualidade dos frutos, tornando-os pouco consistentes, como resultado de um comprometimento na formação da parede celular. Com o avanço da deficiência, ocorre mortalidade das gemas, associada à emissão de novas folhas e



Foto: Cleber Rodas

**Figura 3.** Sintomas visuais em morangueiro com deficiência de potássio: manchas necróticas, com posterior necrose total das folhas mais velhas.

Foto: Cleber Rodas



**Figura 4.** Sintomas visuais em morangueiro com deficiência de cálcio: necrose marginal dos folíolos das folhas jovens.

raízes. Já o excesso de Ca pode comprometer a absorção de micronutrientes, em especial o Fe (PACHECO et al., 2007). Visualmente observa-se que, na falta de Ca, os ápices das folhas em início de desenvolvimento apresentam uma coloração castanha e, com o desenvolvimento da folha, tornam-se necróticos, originando folíolos de tamanho menor do que o normal (Figura 4). Não foram encontrados relatos de toxidez de Ca em plantas, o que se deve, provavelmente, ao fato de esse elemento, quando em excesso, ser armazenado no vacúolo das células.

- **Magnésio (Mg):** o Mg tem papel estrutural como componente da clorofila. É requerido para manter a integridade dos ribossomos e a estabilidade estrutural dos ácidos nucleicos e membranas, influencia o movimento de carboidratos das folhas para outras partes da planta e estimula a captação e o transporte de P na planta (TAIZ; ZEIGER, 2002). Em situações nas quais a disponibilidade desse nutriente é limitante, observa-se, inicialmente, clorose entre as nervuras dos folíolos



Foto: Volnei Pauletti

**Figura 5.** Sintomas visuais em morangueiro com deficiência de magnésio: clorose entre as nervuras dos folíolos.

- (Figura 5) e, posteriormente, desenvolvimento da coloração púrpura-avermelhado. No início, as margens dos folíolos e, posteriormente, somente as nervuras centrais e áreas bem próximas a elas apresentam coloração normal (PACHECO et al., 2007). O tamanho dos frutos pode ser reduzido em plantas deficientes. Praticamente não existem relatos de toxidez de Mg em plantas (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).
- **Enxofre (S):** o S é um elemento importante para a produção de aminoácidos, proteínas e clorofila, além de ser um componente de vitaminas, enzimas, metaloproteínas e de alguns hormônios da planta (TAIZ; ZEIGER, 2002). A deficiência de S se mostra no fato de as plantas apresentarem as lâminas foliares uniformemente amareladas ou cloróticas, o que ocorre primeiramente nas folhas jovens. Tamanho desigual dos folíolos da mesma folha também pode ser observado, aliado a uma coloração escura nas suas margens (PACHECO et al., 2007).
  - **Boro (B):** o B atua em alguns sistemas enzimáticos como constituinte ou componente ativo e essencial do substrato onde ocorre a reação biológica. Esse nutriente também é importante na translocação de açúcares e no metabolismo de carboidratos; desempenha papel importante no florescimento, na frutificação, no metabolismo do N e na atividade de hormônios; e interfere na formação da pectina das membranas celulares, na absorção de água e no metabolismo de glicídios (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Os sintomas progressivos da deficiência de B aparecem nas folhas em início de desenvolvimento, como necrose nas pontas, retorcimento e

clorose nos folíolos. Outros sintomas relatados são: a) paralisação do crescimento radicular e morte da gema apical, pela elevação na síntese da enzima AIA oxidase; b) redução na síntese de celulose e lignina; e c) diminuição do transporte de nutrientes, pela malformação dos tecidos condutores da planta. Visualmente os internódios encurtam (rosetamento) (Figura 6) e o diâmetro do pecíolo aumenta (PACHECO et al., 2007). A toxidez de



Foto: Volnei Pauletti

**Figura 6.** Sintomas visuais em morangueiro com deficiência de boro: encurtamento dos internódios (rosetamento).

B é tão grave quanto a sua deficiência, manifestando-se nas plantas pelo amarelamento das folhas, que se estende pelas margens (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

- Manganês (Mn): o Mn é necessário à síntese de clorofila e participa do funcionamento do fotossistema II da fotossíntese, sendo responsável pela fotólise da água. Sua principal função está relacionada com a ativação de enzimas (TAIZ; ZEIGER, 2002). Sob deficiência de Mn, a atividade da AIA oxidase – enzima associada à degradação de auxinas – aumenta. Em tal situação, constata-se a diminuição da concentração desse hormônio responsável pelo crescimento vegetal. Destacam-se, como sintomas visuais da deficiência de Mn, a cor fosca e verde-amarelada dos folíolos de folhas recém-formadas, com nervuras verde-escuras e margens apresentando pontuações púrpura (PACHECO et al., 2007). A acumulação de  $Mn^{+2}$  é tóxica para a maioria das plantas cultivadas. Em solos ricos em matéria orgânica, com pH inferior ou igual a 5,5 e com elevadas condições redutoras, pode ocorrer acúmulo desse elemento, pois, nessas condições de solo, sua forma absorvida (bivalente) torna-se mais abundante, podendo levar à absorção pelas plantas de quantidades superiores às necessárias para o seu ótimo desenvolvimento. Os sintomas de toxidez são mais visíveis em folhas jovens, que podem apresentar manchas marrons (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). O excesso de Mn também pode induzir a deficiência de Ca e Fe, por diminuir a translocação do Ca e competir em nível celular com o Fe (PACHECO et al., 2007).



- **Ferro (Fe):** na deficiência de Fe, as concentrações de clorofila, carotenoides, ferredoxina e ribossomos diminuem, enquanto as de ácidos orgânicos e aminoácidos livres aumentam. Havendo menos ferredoxina, a célula perde o principal fornecedor de elétrons, acarretando acúmulo de compostos oxidados (MENGEL; KIRKBY, 1987). O Fe catalisa a biossíntese da clorofila, sendo um constituinte de enzimas responsáveis pela sua formação. Os sintomas visuais são clorose internerval, permanecendo as nervuras mais internas com coloração verde-intensa. A deficiência de Fe pode reduzir a produtividade do morangueiro, diminuir o tamanho médio de frutos e causar queda de frutos. Normalmente, os solos tropicais são bem providos de Fe; contudo, pode ocorrer deficiência desse nutriente nas plantas, em decorrência da sua imobilização. Isso pode ser observado em solos ácidos, ricos em fosfatos solúveis, nos quais o  $\text{Fe}^{+3}$  pode precipitar na forma de  $\text{FePO}_4$ . Outro exemplo é a oxidação do Fe reduzido pela presença de  $\text{MnO}_2$ , o qual passa à forma férrica ( $\text{Fe}^{+3}$ ) não assimilável. Nesse caso, a disponibilidade de Fe depende mais do equilíbrio Fe/Mn do que do seu teor absoluto no solo. Também tem sido observada deficiência de Fe mediante a ação de outros elementos metálicos, como Cu, Zn e Co, que podem substituir o Fe nos quelatos do solo, favorecendo sua imobilização (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). A toxidez por Fe em lavouras de produção de morango não é muito comum, pois, em geral, o conteúdo de Fe solúvel em solos com boa aeração não atinge níveis de toxidez, o que se deve à rapidez de conversão do Fe solúvel em compostos insolúveis não disponíveis para a planta (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Sintomas de fitotoxidez são observados em solos sob condições de redução ou saturação, em virtude do elevado teor de Fe-ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ) presente nesses solos.
- **Zinco (Zn):** o Zn é um micronutriente que atua como cofator enzimático; é essencial para a atividade, a regulação e a estabilização da estrutura proteica. Sob deficiência de Zn, há significativa redução na síntese proteica, acompanhada de acúmulo de aminoácidos livres. O Zn é requerido para a síntese do triptofano, aminoácido precursor das auxinas, e, por isso, a falta desse elemento diminui a concentração de auxina, promovendo o encurtamento de internódio e a diminuição do tamanho de folhas (PACHECO et al., 2007; TAIZ; ZEIGER, 2002). A deficiência de Zn manifesta-se no crescimento restrito da gema terminal, o que se traduz em crescimento em forma de roseta. Os sintomas aparecem sempre nas folhas mais jovens, que apresentam zonas cloróticas e, posteriormente, necrosadas, afetando todo o parênquima foliar e as nervuras (TAIZ; ZEIGER, 2002). Não é comum a ocorrência de toxidez por Zn em solos com pH elevado, já que, nessa condição, ocorre imobilização desse

elemento. Contudo, é possível que ocorra toxidez de Zn em solos ácidos ou em solos cujo material de origem apresenta elevados teores do micronutriente (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

- Molibdênio (Mo): nas plantas, grande parte do Mo encontra-se na enzima nitrato redutase das raízes e dos colmos, a qual catalisa a redução do íon  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NO}_2^-$ . A deficiência de Mo provoca concentração anormal de  $\text{NO}_3^-$  nas folhas e, portanto, interfere no metabolismo do N. Por causa disso, a falta de Mo tem efeito similar à falta de N. Visualmente, os principais sintomas de deficiência de Mo são a clorose marginal e a necrose de folhas velhas (PACHECO et al., 2007; TAIZ; ZEIGER, 2002). Casos de toxidez por Mo não são comuns.

## Escolha da época de aplicação

A escolha da época de aplicação dos fertilizantes é primordial quando se busca aumentar a eficiência do sistema produtivo e a redução dos custos. A época de aplicação deve ser estabelecida levando em consideração a marcha de absorção dos nutrientes, a qual estabelece as fases de desenvolvimento das plantas cuja demanda por nutrientes é maior, sendo essas fases as mais propícias à fertilização. Infelizmente, no Brasil, existem poucos estudos referentes às curvas de acúmulo de nutrientes em frutas e hortaliças. Segundo Furlani e Purquerio (2010), curvas de acúmulo de nutrientes para uma série de culturas, como alface, almeirão, cebolinha, coentro, melão, pepino, rúcula, rabanete, entre outras, foram disponibilizadas por Haag e Minami (1988), porém os sistemas produtivos dessas culturas mudaram expressivamente a partir daquela época, o que limita a utilização dos resultados.

Atualmente, alguns trabalhos têm surgido nessa linha de pesquisa, que envolvem estudos de absorção de nutrientes ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura. Furlani e Purquerio (2010) citam, em sua revisão de literatura, os seguintes estudos: de Andrioli et al. (2008) com a cultura do alho; de Alvarenga (1999) e Albuquerque e Albuquerque Neto (2008) com diferentes grupos de alface; de Novo et al. (2003) com três cultivares de almeirão; de Yorinori (2003) com batata, cultivar Atlantic; de Echer et al. (2009) com batata-doce; de Feltrim et al. (2008) com chicória; de Takeishi et al. (2009) com couve-flor; de Kano (2002) com melão; de Grangeiro e Cecílio Filho (2004) com melancia híbrida Tide; de Marcussi e Villas Bôas (2003) com pimentão; de Fayad et al. (2002) com a cultivar Santa Clara e o híbrido EF-50 de tomate; e de Villas Bôas (2002) com o híbrido de tomate Thomas.



Não foram encontradas informações sobre a marcha de absorção de nutrientes para o morangueiro em estudos realizados no Brasil. Contudo, dados da literatura internacional indicam que, em geral, as maiores necessidades de nutrientes são observadas após o início da floração, sendo o pico de absorção alcançado na fase final da frutificação (Tabela 4) (ALBREGTS; HOWARD, 1980; TAGLIAVINI et al., 2005). De acordo com Tagliavini et al. (2005), a maior concentração de nutrientes ao final do ciclo produtivo do morangueiro está nos frutos, exceto para cálcio (Tabela 5). Por isso, deve-se atentar para o fato de que as adubações pesadas no início do ciclo da cultura podem ser ineficientes tanto do ponto de vista econômico quanto do ambiental, ao passo que a falta de nutrientes na fase de frutificação pode limitar a produção e/ou a qualidade do morango.

Na prática, nem sempre é possível sincronizar perfeitamente a aplicação com as fases de maior absorção da planta em virtude de algumas dificuldades de manejo; porém, esforços devem ser feitos para atingir esse sincronismo, diminuindo, assim, os riscos de perda de nutrientes e os custos da adubação. Nesse sentido, Rose et al. (1994) testaram duas formas de aplicação de N para avaliar o consumo total do nutriente em poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*), sendo: a) fornecimento constante de 200 mg L<sup>-1</sup> de N na água de irrigação; e b) fornecimento de acordo com o padrão de acumulação do nutriente na planta. Os autores relataram que o consumo total de N foi reduzido em 41% quando se utilizou a segunda forma de aplicação. Da mesma forma, Hochmuth e Hanlon (2011), ao avaliarem resultados de pesquisas com a cultura do morangueiro realizadas na Flórida, Estados Unidos, nos últimos 50 anos, relataram que as maiores produtividades foram obtidas quando as adubações nitrogenadas e potássicas foram parceladas, em comparação com a aplicação total em pré-plantio, o que se deve, provavelmente, à maior sincronia entre o fornecimento dos nutrientes e seu maior aproveitamento pelas plantas. Esses resultados foram mais evidentes para a adubação potássica por causa do seu elevado potencial de lixiviação.

Da mesma forma que o potássio, o nitrogênio também apresenta potencial de lixiviação e, portanto, as adubações nitrogenadas devem atender às demandas da planta para que se evitem perdas do nutriente. Conforme indicado na Tabela 4, mais de dois terços da absorção de N ocorre no período de frutificação do morangueiro e, portanto, essa seria a fase mais responsiva à fertilização nitrogenada. Estudos posteriores conduzidos por Tagliavini et al. (2005) corroboram esses dados. Os autores demonstraram, em estudo utilizando <sup>15</sup>N, que, até a fase de florescimento da cultura, ocorre a remobilização do N armazenado nos órgãos de reserva da planta (coroa e raízes) para os órgãos em desenvolvimento, e que em

**Tabela 4.** Absorção de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) conforme a fase de crescimento do morangueiro, e quantidades relativas de fertilizantes calculadas para o cultivo de morangueiro no Rio Grande do Sul, em solo com teores muito altos de P e K, e médios de matéria orgânica.

Nutriente	Transplântio	1ª florada (± 90 DAP)	1ª colheita (± 110 DAP)	Meia estação (± 130 DAP)	Final de estação (± 170 DAP)	Total
Absorção (%)	1,8	8,2	16,7	28,5	44,8	100,0
N	Recomendação baseada na absorção e na produtividade esperada (kg ha <sup>-1</sup> )					
	1,5	7,0	14,2	24,2	38,1	85,0
Recomendação segundo Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004) (kg ha <sup>-1</sup> )						
	1,4	6,6	13,4	22,8	35,8	80,0
P	Absorção (%)					
	2,6	4,2	14,1	30,2	49,0	100,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Recomendação baseada na absorção e na produtividade esperada (kg ha <sup>-1</sup> )					
	0,4	0,6	2,0	4,4	7,1	14,5
	Recomendação baseada na absorção e na produtividade esperada (kg ha <sup>-1</sup> )					
	0,8	1,4	4,7	10,0	16,3	33,2
Recomendação segundo Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004) (kg ha <sup>-1</sup> )						
	2,3	3,7	12,7	27,2	44,1	90,0

Continua...

**Tabela 4.** Continuação.

Nutriente	Transplântio	1ª florada (± 90 DAP)	1ª colheita (± 110 DAP)	Meia estação (± 130 DAP)	Final de estação (± 170 DAP)	Total
Absorção (%)	1,5	3,7	12,6	28,0	54,3	100,0
K Recomendação baseada na absorção e na produtividade esperada (kg ha <sup>-1</sup> )	1,6	4,0	13,7	30,4	58,9	108,5
Recomendação baseada na absorção e na produtividade esperada (kg ha <sup>-1</sup> )	1,9	4,8	16,5	36,6	71,0	130,7
K <sub>2</sub> O Recomendação segundo Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004) (kg ha <sup>-1</sup> )	0,9	2,2	7,6	16,8	32,6	60,0
Ca Absorção (%)	2,9	7,9	12,2	25,3	51,7	100,0
Absorção (kg ha <sup>-1</sup> )	2,2	5,9	9,1	18,8	38,5	74,5
Mg Absorção (%)	2,2	8,1	15,6	32,3	41,9	100,0
Absorção (kg ha <sup>-1</sup> )	0,5	1,7	3,3	6,8	8,8	21,0

Cálculos realizados considerando uma produtividade esperada de frutos de 50 t ha<sup>-1</sup> e retirada das plantas do sistema após o término do ciclo e a necessidade de 1,8 kg de N, 0,66 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 2,6 kg de K<sub>2</sub>O para cada tonelada de frutos, de acordo com os dados apresentados por Araújo (2011) e Vignolo (2011).

DAP = dias após o plantio das mudas.

Fonte: adaptado de Albregts e Howard (1980).

**Tabela 5.** Distribuição porcentual dos teores de macronutrientes nos diferentes órgãos de plantas de morangueiro das cultivares Idea e Marmolada, amostradas no final do ciclo produtivo.

Parte da planta	Nitrogênio (%)		Fósforo (%)		Potássio (%)		Cálcio (%)		Magnésio (%)	
	Idea	Marmolada	Idea	Marmolada	Idea	Marmolada	Idea	Marmolada	Idea	Marmolada
Folhas	34	25	23	17	21	18	53	43	42	35
Frutos	51	60	65	67	66	60	25	30	41	45
Pecíolo dos frutos	5	9	4	11	7	19	6	12	4	8
Coroas	4	2,5	3	2,5	3	1,5	7	7,5	5	5,5
Raízes	4	2,5	3	1,5	1	0,5	7	6,5	6	5,5
Estolões	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
<b>Total (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: adaptado de Tagliavini et al. (2005).

torno de 40% do N estocado nos órgãos de reserva é remobilizado. Depois do florescimento, os autores não observaram incremento na quantidade de N proveniente dos órgãos de reserva e, portanto, a contribuição do N do fertilizante passa a ter maior importância para a planta.

Considerando que esses resultados foram obtidos em solos e sistemas de produção similares aos das principais áreas produtoras de morango do estado do Rio Grande do Sul (solos arenosos, com baixa matéria orgânica, uso de *mulching* e irrigação), é questionável a aplicação da dose integral dos fertilizantes potássicos em pré-plantio e de apenas uma aplicação de N em cobertura aos 30 dias após o plantio, conforme se observa nas indicações técnicas daquele estado (Tabela 2). Vale destacar, ainda, que as recomendações de N e K são feitas pela adoção de fontes solúveis (ureia e cloreto de potássio), o que favorece perdas significativas desses nutrientes. E a recomendação de aplicação de doses integrais em pré-plantio seria adequada para fontes menos solúveis, tais como fertilizantes de liberação gradual, esterco, tortas de oleaginosas, fosfatos naturais e outros pós de rocha. Entretanto, mais resultados de pesquisa in situ serão necessários para dar suporte à manutenção ou a possíveis modificações das recomendações vigentes.

Uma possibilidade de aumento da eficiência do sistema produtivo de morango poderia ser alcançada por meio do parcelamento da adubação de acordo com a absorção das plantas ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura (Tabela 4). Assim, se considerarmos como exemplo hipotético uma recomendação de adubação para o morangueiro a ser realizada no Rio Grande do Sul em um solo com teores na classe Muito Alto de P, K e Médio de matéria orgânica, as doses de nutrientes seriam 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004). Essas doses referem-se a uma adubação de reposição, ou seja, devem ser suficientes para suprir a quantidade de nutrientes que é exportada pelos frutos. No caso do atual sistema de produção do morango, as plantas são eliminadas após o final do ciclo produtivo, por questões fitossanitárias e, portanto, para a quantidade de nutrientes absorvida por elas também deve ser considerada no cálculo da exportação. Dessa forma, para a adubação de reposição deve-se considerar a somatória da quantidade total absorvida de cada nutriente pelas plantas. Para altas produtividades, isso geralmente significa maiores doses de N e de K e menores de P em relação às recomendações vigentes de manuais de adubação (Tabela 4).

Como regra geral, quando os teores de P e K apresentarem valores na classe Muito Alto (Tabela 2), a adubação recomendada deverá ser a de reposição, isto é, baseada na absorção pelas plantas e na exportação pelos frutos. Por sua vez, quando tais valores

estiverem acima dos níveis críticos (classe Alto, Tabela 2), a adubação adotada deverá ser a de manutenção, isto é, aquela que considera a quantidade exportada mais as perdas, as quais geralmente variam entre 20% e 30% da exportação. Finalmente, quando os teores apresentarem valores abaixo do nível crítico, a adubação adotada deverá ser a de correção, ou seja, a aplicação deverá atingir os níveis críticos, conforme detalhado no próximo item, *Escolha do local de aplicação*.

Definidas as doses e, tendo como base os dados apresentados na Tabela 4, pode-se calcular as quantidades a serem demandadas pela cultura em cada fase do seu desenvolvimento. É óbvio que, independentemente da forma de parcelamento da adubação utilizada, é importante que se faça o seu monitoramento por meio da análise foliar, para que sejam detectados possíveis excessos ou deficiências de nutrientes durante o ciclo da cultura, permitindo, assim, o ajuste das doses. Cabe salientar que, na Tabela 4, especialmente em relação ao P, há certa discrepância entre as doses recomendadas ( $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e a extração da cultura ( $33,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). Pode-se perceber que, embora a extração de P seja aproximadamente sete vezes menor do que a extração de K pela planta, a dose recomendada de fertilizante é maior para o P. Esse dado justifica os níveis de P no solo muito acima do nível crítico observado em áreas de cultivo de morango no Rio Grande do Sul (ARAÚJO, 2011; BAMBERG, 2010; ISLABÃO et al., 2009; VIGNOLO, 2011). A dose a ser aplicada, no entanto, deve considerar, além da exigência da planta, as possíveis perdas do nutriente e a resposta da cultura à aplicação do adubo, o que pode ocorrer, mesmo quando os níveis do nutriente no solo são altos.

Para o K, quando se considera a extração da cultura para uma produtividade de  $50 \text{ t ha}^{-1}$ , a dose calculada seria de  $130,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Tabela 4). Porém, a recomendação sugere  $\leq 60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004), quantidade inferior à demanda de uma cultivar de morangueiro com produtividade similar à usada nesse exemplo. No caso do N, as doses baseadas nas recomendações técnicas e na absorção/exportação são equivalentes (Tabela 4); portanto, pode-se inferir que ajustes em tais recomendações serão necessários, visando otimizar o uso dos fertilizantes para o atual sistema de produção da cultura do morangueiro e, assim, propiciar uma nutrição equilibrada à cultura.

Vignolo et al. (2011), avaliando a produção de massa seca de plantas de morangueiro das cultivares Camarosa e Camino Real, constataram que a primeira apresentou 66,1 g por planta, e a segunda, 49,6 g por planta. Esses dados, juntamente com a população de plantas e os teores de nutrientes na parte aérea, poderiam auxiliar no refinamento da adubação de

reposição, visando complementar as doses dessa adubação, já que as plantas são retiradas do sistema após o término do ciclo de produção. Mesmo assim, no caso do P, a dose de  $P_2O_5$  passaria para  $65,5 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $32,2 \text{ kg ha}^{-1}$  absorvidos pelas plantas +  $33,3 \text{ kg ha}^{-1}$  exportados pelos frutos); portanto, significativamente menor do que a indicada no manual de adubação para essa situação (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004).

Com base nos cálculos da Tabela 4, constata-se que, até o início da floração ( $\pm 90$  dias após o plantio), as necessidades de NPK são baixas; porém, à medida que as plantas iniciam o processo produtivo, até atingir o máximo da sua capacidade produtiva, as necessidades desses nutrientes aumentam significativamente, correspondendo a cerca de 50% do total demandado durante todo o ciclo da cultura. Portanto, o manejo da adubação deveria considerar tais aspectos, principalmente para N e K, que são nutrientes móveis no solo. Nesse sentido, considerando o sistema de produção atual da cultura do morangueiro e as particularidades de cada caso (condições edafoclimáticas e da cultivar), algumas estratégias poderiam ser adotadas:

- Aplicar as doses totais recomendadas de NPK usando fontes solúveis, ao longo do desenvolvimento da cultura, na forma de fertirrigação.
- Aplicar metade das doses totais recomendadas de NK e a dose integral de P antes ou por ocasião da implantação da cultura, e a outra metade de NK durante o desenvolvimento da cultura, considerando a demanda nutricional em cada estágio fenológico, na forma de fertirrigação.
- Aplicar as doses totais recomendadas de NPK usando fontes de liberação lenta, antes ou durante a implantação da cultura.
- Aplicar metade das doses totais recomendadas de NPK usando fontes de liberação lenta antes ou durante a implantação da cultura, e a outra metade usando fontes solúveis durante o desenvolvimento da cultura, na forma de fertirrigação.
- Para alguns nutrientes, em especial micronutrientes, qualquer das estratégias citadas pode ser complementada com adubação foliar, visando suprir deficiências constatadas visualmente ou pela análise foliar durante o ciclo da cultura.

## Escolha do local de aplicação

Escolher o local correto da aplicação consiste na colocação dos fertilizantes em um local do solo onde a absorção pela planta é maximizada e as perdas de nutrientes são



minimizadas. As perdas referem-se aos processos de lixiviação, volatilização e escoamento, assim como à imobilização química e microbiológica (BRYLA, 2011). Alguns estudos foram conduzidos na tentativa de definir a melhor forma de aplicação dos nutrientes no solo, no cultivo de várias culturas de interesse, conforme relatado por Bryla (2011). De acordo com o autor, a escolha do método varia com a cultura, o tipo e a fonte do fertilizante, as práticas culturais, a disponibilidade de equipamento, o custo da aplicação e a escolha pessoal do produtor. Apesar disso, o autor cita que a absorção dos nutrientes pelas plantas é geralmente maior quando eles são colocados o mais próximo possível das raízes, especialmente para aquelas espécies que possuem sistema radicular superficial.

Nos sistemas produtivos de morango atualmente utilizados, a aplicação da adubação de plantio é feita geralmente em todo o canteiro, seguida de incorporação, enquanto a adubação de cobertura é aplicada via fertirrigação. A incorporação dos fertilizantes permite a aplicação de doses maiores de fertilizantes (adubação de correção) e diminui o risco de ocorrência de danos causados pelos fertilizantes, especialmente decorrentes de estresse salino. Porém, segundo Bryla (2011), é provável que as perdas de elementos mais móveis, como N e S, sejam maiores nesse método de aplicação, em especial em solos arenosos e em ambientes de elevada precipitação. Além disso, maior quantidade de fertilizante é necessária para obterem-se os rendimentos equivalentes aos obtidos nos cultivos com aplicação localizada de fertilizantes. Em canteiros que utilizam *mulching*, as perdas de nutrientes certamente são menores, exceto naqueles onde a irrigação é conduzida de forma inadequada.

## Adubação verde

Fertilizantes e corretivos não devem ser considerados isoladamente, mas, sim, como parte de um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção da cultura de forma econômica e ambientalmente sustentável. Uma das técnicas de extrema importância para o uso eficiente dos insumos é a inclusão de plantas de cobertura no sistema produtivo, as quais são utilizadas em rotação com a cultura principal. Essas plantas possuem características específicas que as tornam eficientes na ciclagem de nutrientes, no incremento de matéria orgânica e na manutenção da atividade biológica do solo.

As plantas de cobertura, ao serem decompostas pela biota do solo, liberam compostos orgânicos que serão processados até suas formas mais estáveis, como os ácidos húmicos, fúlvicos e huminas. Durante esse processo, a entrada contínua de compostos orgânicos no sistema solo atua como fonte de nutrientes e energia aos organismos, como fonte de

nutrientes às plantas, como condicionador da estrutura do solo, entre outros. O acúmulo das formas mais estáveis, por sua vez, contribui para o aumento das cargas elétricas do solo, o que favorece sua agregação e, conseqüentemente, sua porosidade total (macro e microporosidade), o armazenamento e a infiltração de água, a aeração e a redução da lixiviação de íons (ANTONIOLLI et al., 2008).

As leguminosas são indicadas como plantas de cobertura em razão da sua capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, enquanto as gramíneas, em razão do seu potencial de acúmulo de massa verde. Produtores de morango na região de Pelotas, RS, têm adotado diversos sistemas de produção com rotação de culturas, incluindo morango, hortaliças e plantas de cobertura. Um exemplo é a rotação das seguintes culturas: morango, melão e um ou dois cultivos de hortaliças (alface, couve, brócolis ou couve-flor). Depois da retirada da última cultura, geralmente uma hortaliça, o *mulching* plástico é retirado dos canteiros e é feita a semeadura das plantas de cobertura de inverno, como aveia-preta (*Avena strigosa*) ou azevém (*Lolium multiflorum*) e ervilhaca (*Vicia sativa*). Essas plantas são manejadas quando iniciam o processo reprodutivo e, então, são incorporadas ao canteiro ou apenas deixadas sobre ele, como cobertura. Em seguida, a partir do mês de setembro/outubro, é feita a semeadura das plantas de cobertura de verão, como crotalária (*Crotalaria juncea*) e milheto (*Pennisetum americanum*). Se o produtor adotar um sistema de rotação das áreas, visando a um controle fitossanitário direcionado para a cultura do morangueiro, essas culturas serão manejadas apenas depois de completarem o seu ciclo, seguindo-se a semeadura das culturas de inverno. Se ele não adotar, elas serão incorporadas ao canteiro, no mês de abril ou no início de maio, antes do plantio das mudas de morangueiro.

## Recomendações de adubação e de calagem para o cultivo do morangueiro vigentes no País

A adubação e a correção do solo estão entre as principais práticas de manejo que definem a produtividade do morangueiro – quando bem manejadas, apresentam reflexos significativos na produtividade e na qualidade dos frutos, sem comprometer os recursos naturais e a sustentabilidade do sistema produtivo. Em geral, as recomendações de adubação e calagem para qualquer cultura baseiam-se nos teores de nutrientes e de elementos

tóxicos presentes no solo, e nas condições que governam a disponibilidade desses nutrientes para as plantas, assim como nos níveis desses elementos nos órgãos da planta.

Conforme visto anteriormente (item *Noções de fertilidade do solo e nutrição de plantas*), o pH é um dos atributos do solo que governam a disponibilidade dos nutrientes e de elementos tóxicos para as plantas e, portanto, o pH de referência para cada cultura é um dos critérios para a indicação da necessidade e recomendação da quantidade de corretivo a ser utilizada. Contudo, outros atributos do solo também são levados em consideração, como o percentual da saturação da  $CTC_{pH\ 7,0}$  ocupado por cátions trocáveis ( $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^{+}$  e  $Na^{+}$ ) ou o percentual da saturação da  $CTC_{efetiva}$  por  $Al^{+3}$  e o teor disponível dos nutrientes  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$ . Para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, o critério de decisão para a indicação da necessidade de corretivo a ser aplicado no morangueiro é o valor do pH do solo, sendo 6,0 o valor de referência, ou seja, a correção é recomendada sempre que o pH do solo estiver abaixo desse valor (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004). Já para os estados de Minas Gerais e São Paulo, a recomendação da calagem baseia-se na saturação por bases e no teor de magnésio do solo. No caso de Minas Gerais, a saturação deve ser elevada para 70%, e o teor de  $Mg^{+2}$  deve ser no mínimo de  $1,0\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$  (RIBEIRO et al., 1999), enquanto, para o estado de São Paulo, recomenda-se a elevação da saturação por bases para 80% e a manutenção do teor de  $Mg^{+2}$  para acima de  $0,9\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$  (RAIJ et al., 1996).

Em relação às recomendações de N, P e K, também se observam diferenças consideráveis entre os três principais estados produtores, tanto em relação à dose quanto à forma de aplicação dos fertilizantes (Tabela 2). A variação entre as doses recomendadas, ainda que bastante significativa, pode ser explicada pelos diferentes ambientes edafoclimáticos em que os ensaios de adubação foram realizados e pelas distintas cultivares utilizadas nesses testes. Contudo, grandes diferenças também são observadas na forma como os fertilizantes são aplicados. No caso de São Paulo, recomenda-se fazer a aplicação da adubação de plantio 25 a 30 dias antes do transplante das mudas (RAIJ et al., 1996), atitude similar à recomendada para Minas Gerais, cuja indicação de aplicação é de 15 dias antes do plantio (RIBEIRO et al., 1999). No Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, a recomendação é aplicar no momento do plantio (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004); porém, no Rio Grande do Sul, geralmente é feita de 20 a 30 dias antes do plantio, embora isso não esteja especificado nas recomendações técnicas. Além disso, as recomendações de adubação de cobertura em São Paulo e Minas Gerais preveem seis aplicações de N e K,

sendo uma a cada mês, a partir do plantio; e no Rio Grande do Sul, apenas uma aplicação de N, aos 30 dias depois do plantio (Tabela 2).

Desde que foram incluídas nas recomendações técnicas oficiais de cada estado, essas indicações de doses e modo de aplicação vêm sofrendo modificações (Tabela 2). Porém, essas alterações não foram expressivas se comparadas com as mudanças ocorridas no sistema produtivo do morango em geral. No caso do estado de Minas Gerais, as recomendações específicas para a cultura do morangueiro foram incluídas apenas na quinta aproximação da publicação *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais* (RIBEIRO et al., 1999), sendo que, nas edições anteriores, não constavam essas informações (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1978, 1989). Em São Paulo, as indicações para a cultura sofreram algumas modificações na segunda edição da publicação *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo* (RAIJ et al., 1996), quando comparada à primeira (RAIJ et al., 1985), especialmente no que se refere à redução das doses de fertilizantes. Desde então, não foram apresentadas atualizações dessa publicação para esse estado. O Rio Grande do Sul conta com recomendações técnicas para o morangueiro no *Manual de adubação e de calagem*, desde 1981 (MANUAL..., 1981), as quais foram modificadas na edição de 1989 (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 1989), em que ocorreu elevação das doses de fertilizantes para a adubação de plantio e redução das doses para aplicação em cobertura. Desde então, as recomendações para a cultura nesse estado não sofreram modificações, embora as cultivares e as práticas de manejo adotadas atualmente não sejam as mesmas utilizadas naquela época.

Kaminski (2011) relatou, em uma análise crítica sobre nutrição e adubação de fruteiras, que a pesquisa nessa área ficou restrita à validação de práticas importadas, em que a meta era adubar por segurança, como se o solo fosse um substrato com capacidade ilimitada de receber nutrientes e os devolvesse integralmente às plantas. No caso do morangueiro, a situação não é diferente. Atualmente, as doses e as formas de adubação utilizadas nos cultivos comerciais tampouco obedecem a critérios técnicos, e até mesmo solos com níveis muito altos de nutrientes continuam sendo excessivamente adubados. A inobservância da análise de solo e das doses estabelecidas nos manuais de recomendação de adubação é frequente, conforme relatado anteriormente, dificultando, assim, o uso racional e eficiente dos fertilizantes. Adubações excessivas estão muito aquém da sustentabilidade econômica e ambiental, e podem, em alguns casos, comprometer até mesmo a qualidade dos alimentos produzidos. Cabe salientar que, em alguns casos, as quantidades recomendadas de fertilizantes diminuíram ao longo do tempo, o que sugere maior eficiência de uso dos

nutrientes no sistema produtivo de morango, principalmente em decorrência de ajustes na população de plantas (de 150 mil plantas por hectare, na década de 1980/1990, para cerca de 60 mil plantas por hectare, atualmente) e nas novas cultivares, mais eficientes no uso dos nutrientes. Apesar disso, o morangueiro continua sendo uma das culturas que mais utilizam elevadas doses de fertilizantes.

Em relação à extração de nutrientes pelo morangueiro, Souza et al. (1976) verificaram que ela ocorre na ordem K, N, Ca, Mg, S e P, e que o nível de extração varia conforme a cultivar. Os dados disponíveis na literatura corroboram essa informação. Considerando-se apenas resultados recentes de alguns experimentos, pode-se inferir que a extração média de macronutrientes pelo morango é de aproximadamente 85 kg ha<sup>-1</sup> de N, 14,5 kg ha<sup>-1</sup> de P (33,3 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 108,5 kg ha<sup>-1</sup> de K (130,7 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), 74,5 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 21 kg ha<sup>-1</sup> de Mg (Tabela 6). Considerando-se esses dados médios de extração e produtividade de 50 t ha<sup>-1</sup> de frutos, pode-se inferir que, para produzir 1 t de frutos, são necessários cerca de 1,8 kg de N, 0,3 kg de P, 2,5 kg de K, 1,5 kg de Ca e 0,4 kg de Mg. Cabe salientar que esses valores consideram a quantidade de nutrientes exportada pela planta inteira, e não apenas pelos frutos, já que o atual manejo (considerando os aspectos fitossanitários) das áreas prevê a completa eliminação dos restos culturais para reduzir o potencial de inóculo de doenças. Além disso, dados médios devem ser interpretados com cautela, já que variações significativas são observadas, decorrentes do sistema de manejo adotado, da produtividade alcançada, da cultivar utilizada, da densidade de plantas e das características edafoclimáticas, conforme pode ser observado na Tabela 6. Apesar disso, os valores apresentados permitem uma boa aproximação das quantidades de nutrientes demandadas pelo morangueiro e possibilitam algumas inferências em relação às doses de fertilizantes atualmente indicadas para o seu cultivo, conforme discutido anteriormente.

Nas áreas de produção de morango no Brasil, a variabilidade de condições edafoclimáticas é bastante evidente, pois que elas estão sob a influência de clima subtropical e temperado. Essa ampla zona de produção implica variações que interferem no comportamento produtivo das cultivares. Somam-se a isso as diferenças de densidade e de época de plantio, bem como de nível tecnológico empregado, que proporcionam enormes variações nas produtividades das lavouras. Por esse motivo, os requerimentos nutricionais da cultura entre os variados sistemas de manejo empregados e as distintas localidades serão diferentes, exigindo flexibilidade do sistema de adubação e avaliação caso a caso.

Em geral, um programa de fertilização deve ser realizado tendo como base o histórico de produção da lavoura e o conhecimento das quantidades de nutrientes absorvidas

**Tabela 6.** Extração média de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) pelo morangueiro.

Cultivar/Local	Plantas/ ha	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Partes da planta	Extração (kg ha <sup>-1</sup> )					Referência
				N	P	K	Ca	Mg	
Campinas (IAC-2712)/ São Paulo (Brasil)	150.000	n.i.	Planta + fruto	241,6	47,4	280,8	109,7	44,5	Souza et al. (1976)
Camanducaia (IAC-3530)/São Paulo (Brasil)	150.000	n.i.	Planta + fruto	288,5	42,6	265,8	108,0	45,2	Souza et al. (1976)
Monte Alegre (IAC-3113)/São Paulo (Brasil)	150.000	n.i.	Planta + fruto	199,1	35,2	203,9	109,3	37,3	Souza et al. (1976)
SH-2/São Paulo (Brasil)	150.000	n.i.	Planta + fruto	183,3	24,4	138,2	n.i.	n.i.	Souza et al. (1976)
Quatro cultivares/ Dover (EUA)	n.i.	n.i.	Fruto + cálix	39,2	7,3	51,1	n.i.	n.i.	Albregts e Howard (1978)
Três cultivares/ Dover (EUA)	n.i.	n.i.	Planta	27,3	3,8	25,8	n.i.	n.i.	Albregts e Howard (1980, 1981)
n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	120,1	19,2	116,3	59,6	18,6	Albregts e Howard (1980)
Elsanta/n.i.	n.i.	59.450	n.i.	125,5	17,7	158,8	56,1	13,8	Lieten e Misotten (1993)
Idea e Marmolada/ Martorano (Itália)	48.000	50.784	Planta + fruto	79-91	12-17	92-125	58-91	19-23	Tagliavini et al. (2005)
Idea e Marmolada/ Martorano (Itália)	48.000	50.784	Planta + fruto	79,0	12,0	92,0	58,0	19,0	Tagliavini et al. (2005)
Idea e Marmolada/ Martorano (Itália)	48.000	50.784	Planta + fruto	91,0	17,0	125,0	91,0	23,0	Tagliavini et al. (2005)
<b>Média<sup>(1)</sup></b>	<b>48.000</b>	<b>50.784</b>		<b>85,0</b>	<b>14,5</b>	<b>108,5</b>	<b>74,5</b>	<b>21,0</b>	

<sup>(1)</sup>A média das extrações de nutrientes considerou apenas o trabalho de Tagliavini et al. (2005), pois o estudo avaliou cultivares atualmente utilizadas pelos produtores de morango e apresentou os dados de sua população e de sua produtividade.

n.i.: não informado.

pelas plantas, juntamente com a observação dos níveis críticos de nutrientes no solo e do estado nutricional das folhas indicadoras (para mais detalhes, ver item *Escolha da dose*). O conhecimento desses fatores fundamenta os princípios das boas práticas para uso eficiente de fertilizantes, os quais incluem a aplicação da fonte correta, da dose correta, na época correta e no local correto (item *Uso eficiente de fertilizantes*). São os chamados 4Cs (BRUULSEMA et al., 2009), que, juntamente com outras práticas de manejo, otimizam o uso dos insumos.

## Análise crítica de dados obtidos em condições edafoclimáticas do Rio Grande do Sul

De acordo com Specht e Blume (2010), em 2006, o Rio Grande do Sul produziu em torno de 12 mil toneladas de morango, apresentando crescimento de 20,7% em relação ao ano de 1996. Nesse mesmo período (de 1996 a 2006), observou-se redução de aproximadamente 77% da área cultivada. Portanto, o fator responsável pelo aumento expressivo da produção estadual foi o incremento da produtividade média das lavouras. Segundo Groppo e Tessarioli Neto (1991), a produtividade média da cultura no Rio Grande do Sul na década de 1980 era de aproximadamente  $3,0 \text{ t ha}^{-1}$ , enquanto, em 2006, a média do estado tinha alcançado  $30,2 \text{ t ha}^{-1}$ , tendo os principais municípios produtores alcançado a média de  $34,9 \text{ t ha}^{-1}$  (Tabela 7). Esses resultados se devem às inovações tecnológicas gradativamente incorporadas ao sistema produtivo e ao aumento dos investimentos financeiros por parte dos produtores.

Apesar disso, algumas práticas de manejo adotadas atualmente nas lavouras comerciais de morango no Rio Grande do Sul ainda precisam ser melhoradas, a fim de elevar ainda mais a produtividade da cultura e a renda dos produtores, bem como reduzir os custos econômicos e ambientais dessa atividade. O manejo da adubação é um claro exemplo da necessidade de aprimoramento das atuais técnicas de manejo. A maioria dos produtores de morango no estado normalmente não considera as recomendações técnicas de adubação para a cultura. É comum encontrar, em análises de solos realizadas em áreas de produção, valores nas classes Alto e Muito Alto, tanto para P quanto para K, como pode ser observado nos dados apresentados por Islabão et al. (2009), coletados em 14 lavouras de produção de morango em Turuçu, RS (Tabela 8). Nesse estudo, todas as amostras apresentaram

**Tabela 7.** Principais municípios produtores de morango no Rio Grande do Sul, nas safras de 1995/1996, 2003 e 2006.

Município	Safra	Área (ha)	Produção (t)	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )
Feliz	1995/1996	221,9	2.527	11,4
Pelotas	1995/1996	597,3	2.237	3,7
Bom Princípio	1995/1996	62,2	918	14,8
Farroupilha	1995/1996	59,2	640	10,8
São Sebastião do Caí	1995/1996	46,0	596	13,0
São José do Hortêncio	1995/1996	28,5	275	9,6
Linha Nova	1995/1996	23,5	259	11,0
São Lourenço do Sul	1995/1996	73,4	182	2,5
São Jorge	1995/1996	17,6	109	6,2
Agudo	1995/1996	32,2	78	2,4
<b>Total</b>	<b>1995/1996</b>	<b>1.162,0</b>	<b>7.821</b>	<b>6,7</b>
Pelotas	2003	330,0	2.310	7,0
Farroupilha	2003	30,0	1.750	58,3
Turuçu	2003	70,0	1.225	17,5
Bom Princípio	2003	40,0	1.050	26,3
Feliz	2003	30,0	1.000	33,3
Flores da Cunha	2003	18,0	756	42,0
Caxias do Sul	2003	12,0	480	40,0
São Sebastião do Caí	2003	15,0	450	30,0
Ipê	2003	10,0	450	45,0
Ijuí	2003	20,0	400	20,0
<b>Total</b>	<b>2003</b>	<b>575,0</b>	<b>9.871</b>	<b>17,2</b>
Feliz	2006	50,0	1.800	36,0
Caxias do Sul	2006	42,0	1.470	35,0
Farroupilha	2006	35,0	1.400	40,0
Bom Princípio	2006	31,0	1.240	40,0
Ipê	2006	30,0	1.050	35,0
Pelotas	2006	30,0	900	30,0
Flores da Cunha	2006	16,0	640	40,0
São Sebastião do Caí	2006	15,0	450	30,0
Turuçu	2006	17,0	374	22,0
Vacaria	2006	7,5	225	30,0
<b>Total</b>	<b>2006</b>	<b>274,0</b>	<b>9.549</b>	<b>34,9</b>

Fonte: Specht e Blume (2010).



**Tabela 8.** Teores de fósforo (P) e potássio (K) do solo em lavouras produtoras de morango no município de Turuçu, RS, 2009.

Propriedade	Teor de P no solo (mg dm <sup>-3</sup> )				Média	Teor de K no solo (mg dm <sup>-3</sup> )				Média
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4		Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	
1	161,0	161,0	232,0	199,0	188,3	141,0	106,0	90,0	102,0	109,8
2	140,0	210,0	166,0	192,0	177,0	180,0	109,0	86,0	129,0	126,0
3	248,0	209,0	211,0	236,0	226,0	282,0	117,0	106,0	172,0	169,3
4	70,0	131,0	118,0	88,0	101,8	129,0	106,0	66,0	98,0	99,8
5	125,0	116,0	131,0	169,0	135,3	117,0	106,0	94,0	152,0	117,3
6	110,0	101,0	138,0	110,0	114,8	121,0	94,0	90,0	94,0	99,8
7	50,0	49,0	111,0	79,0	72,3	133,0	109,0	70,0	82,0	98,5
8	106,0	114,0	139,0	117,0	119,0	180,0	113,0	102,0	94,0	122,3
9	127,0	99,0	143,0	146,0	128,8	133,0	102,0	82,0	94,0	102,8
10	78,0	77,0	85,0	101,0	85,3	137,0	117,0	86,0	156,0	124,0
11	155,0	139,0	218,0	178,0	172,5	403,0	231,0	117,0	254,0	251,3
12	104,0	125,0	88,0	94,0	102,8	242,0	125,0	106,0	117,0	147,5
13	72,0	88,0	133,0	120,0	103,3	196,0	188,0	94,0	172,0	162,5
14	224,0	189,0	185,0	183,0	195,3	461,0	117,0	106,0	117,0	200,3
Média	126,4	129,1	149,9	143,7		203,9	124,3	92,5	130,9	

Fonte: adaptado de Islabão et al. (2009).

valores de P na classe Muito Alto ( $> 42,0 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $> 24,0 \text{ mg dm}^{-3}$ , nos solos com teor de argila  $< 20\%$ , e entre  $21\%$  e  $40\%$ , respectivamente) (Tabela 9). Para os teores de K no solo, observa-se que  $62,5\%$  das amostras apresentaram valores na classe Alto ( $61 \text{ mg dm}^{-3}$  a  $120 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e  $37,5\%$  na classe Muito Alto ( $> 120 \text{ mg dm}^{-3}$ ) – em ambos os casos, considerando-se uma  $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$  média ( $5,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  a  $15,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (Tabela 9). Mesmo assim, esses solos continuam sendo adubados, embora resultados da adubação não sejam esperados

**Tabela 9.** Distribuição de frequência para os teores de fósforo (P) e potássio (K) do solo, em quatro coletas, em lavouras de produção de morango no município de Turuçu, RS, 2009.

Classes de P no solo <sup>(1)(2)</sup>	Limite inferior da classe	Limite superior da classe	Frequência absoluta (%)	Frequência relativa (%)
Muito Baixo	0	0	0	0
Baixo	0	0	0	0
Médio	0	0	0	0
Alto	0	0	0	0
Muito Alto	49	89	11	19,6
	89	129	17	30,4
	129	169	13	23,2
	169	209	10	17,9
	209	249	5	8,9
<b>Total</b>			<b>56</b>	<b>100</b>
Classes de K no solo <sup>(2)(3)</sup>	Limite inferior da classe	Limite superior da classe	Frequência absoluta (%)	Frequência relativa (%)
Muito Baixo	0	0	0	0
Baixo	0	0	0	0
Médio	0	0	0	0
Alto	66	$< 120$	34	60,7
Muito Alto	120	199	16	28,6
	199	278	3	5,4
	278	357	1	1,8
	357	436	1	1,8
	436	515	1	1,8
<b>Total</b>			<b>56</b>	<b>100</b>

<sup>(1)</sup> Menor valor = 49; maior valor = 249; amplitude para as cinco classes = 40. <sup>(3)</sup> Menor valor = 66; maior valor = 461; amplitude para cinco classes = 79.

Fonte: <sup>(2)</sup> Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004).

(considerando o conceito de teor crítico). Ao mesmo tempo, os autores observaram que apenas quatro, entre 14 lavouras, apresentavam condições de acidez satisfatória, ou seja, valores de  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  acima de 6,0, indicando que, muitas vezes, princípios básicos do manejo da adubação foram negligenciados.

Um exemplo prático de desequilíbrio dos nutrientes ocasionado pelo manejo da adubação é apresentado por Araújo (2011), que realizou estudos em lavoura comercial de morango cujo solo apresentava níveis de P e K na classe Muito Alto (Tabela 10). A autora observou que, mesmo nos tratamentos sem adubação, os níveis desses nutrientes no solo permaneceram elevados e praticamente inalterados após o término do experimento. Nesse solo, o porcentual da saturação da  $\text{CTC}_{\text{pH}7}$  por K e Mg encontrava-se muito acima do considerado adequado, e a relação Ca/K apresentava valores abaixo da ampla faixa considerada adequada (Tabela 10), reforçando a necessidade de modificações do manejo da adubação nessa lavoura.

Considerando essas informações, somente a adubação de reposição deveria ser adotada, contemplando a absorção de nutrientes pelas plantas e a exportação pelos frutos (BISSANI et al., 2008). Para tanto, seria necessário considerar o histórico de produtividade da área ou a obtida no cultivo anterior, ou a produtividade esperada, além dos teores de nutrientes na massa seca da planta. Contudo, a adubação adotada pelo produtor não seguiu essa lógica, constituindo-se de  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 5-30-15 e  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 4-16-8, totalizando  $90 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $460 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $230 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente.

Além dessa adubação de plantio, o produtor utilizou fertirrigação a cada 3 dias, a partir de 30 dias do transplante das mudas até 30 dias antes do final da colheita (ARAÚJO, 2011). Considerando a extração média de  $85,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $14,5 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $108,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, P e K, respectivamente (Tabela 6), e a exigência da planta durante o ciclo de desenvolvimento (Tabela 4), constata-se que a adubação de plantio foi muito acima do necessário, exceto para o N. Considerando-se, ainda, que as fontes de fertilizantes utilizadas eram solúveis, a possibilidade de perdas foi considerável.

Ademais, os teores elevados de sais podem dificultar o desenvolvimento das plantas, pois, segundo dados compilados por Villas Bôas et al. (2011), a cultura do morangueiro é considerada sensível à salinidade do solo, sendo  $1,0 \text{ dS m}^{-1}$  o valor máximo de condutividade elétrica do extrato de saturação sem registro de perdas de produtividade. Segundo os autores, sintomas como a queima de bordas ou o secamento de folhas nem sempre são observados na planta, e o reflexo na redução da produtividade se deve a um gasto de

**Tabela 10.** Dados da análise de solo antes e depois da instalação de experimento para cultivo de morangueiro, cultivares Camarosa e Camino Real. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2011.

Variável	Valores		Interpretação <sup>(1)</sup>
	Antes	Depois	
pH água	5,100	5,700	Baixo (5,1–5,4)
Índice SMP	5,700	6,800	
Matéria orgânica (%)	2,260	2,190	Baixo ( $\leq 2,5$ )
CTC <sub>pH 7</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	10,100	10,100	Médio (5,1–15,0)
V (%)	72,900	72,300	Médio (65–80)
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,740	2,790	
P (mg dm <sup>-3</sup> )	204,400	211,900	Muito Alto (C3: > 24,0)
K (mg dm <sup>-3</sup> )	255,000	234,000	Muito Alto (> 120,0)
Saturação na CTC <sub>pH 7</sub> (%)	K	6,500	Muito Alto (> 2,0)
	Ca	44,000	Médio (41–60)
	Mg	21,200	Alto (>15,0)
Relações entre cátions trocáveis no solo	Ca/Mg	2,100	Faixa adequada: 1 a 5
	Ca/K	6,800	Faixa adequada: 10 a 30
	Mg/K	3,300	Faixa adequada: 3 a 7
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,450	4,500	Alto (> 4,0)
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,150	2,170	Alto (> 1,0)
Fe (g dm <sup>-3</sup> )	0,106	0,109	Alto (> 5,0)
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	1,440	1,470	Alto (> 0,4)
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	107,300	107,000	Alto (> 5,0)
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	9,000	8,600	Alto (> 0,5)

<sup>(1)</sup>Segundo Bissani et al. (2008) e Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), C3 corresponde à classe textural 3, que compreende solos com teores de argila entre 21% e 40%.

Fonte: adaptado de Araújo (2011) e Vignolo (2011).

energia da planta para absorver água, o qual poderia estar sendo alocado para a produção de frutos. Ademais, Grattan e Grieve (1999), em artigo de revisão de literatura sobre as relações entre a salinidade e a nutrição mineral de plantas olerícolas, salientaram que os distúrbios causados pelo excesso de sais podem resultar na sua interferência na disponibilidade de nutrientes, na absorção competitiva (ex.: redução da absorção de K<sup>+</sup> pelo Na<sup>+</sup> e de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pelo Cl<sup>-</sup>) ou no transporte e no particionamento dentro da planta.

O manejo da adubação proposto por Araújo (2011) para essa situação de solo baseou-se no uso de fontes menos solúveis de N (torta de mamona) e P (uma rocha carbonatítica) e de fonte solúvel para K (cloreto de potássio). A autora observou que os teores foliares para a maioria dos nutrientes apresentaram valores acima das faixas adequadas, mesmo nos períodos de elevada demanda da planta por nutrientes (início de produção de frutos, estágio referente à metade do período produtivo e final do ciclo da cultura).

Vignolo (2011), considerando experimento realizado nas mesmas condições iniciais de solo de Araújo (2011) (Tabela 10), com as cultivares Camarosa e Camino Real, propôs as adubações baseadas no princípio da manutenção, as quais são apresentadas na Tabela 11. O autor observou que as doses influenciaram significativamente o número e a massa de frutos por planta, seguindo um modelo quadrático, com ponto de máxima de  $1.937 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $80,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $60,6 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $40,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) e  $1.713 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $71,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $53,6 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $35,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) da mistura de torta de mamona, carbonatito (fosforita Alvorada) e cloreto de potássio, respectivamente. Tais respostas indicam que, mesmo sob condições de elevada fertilidade construída, as cultivares foram influenciadas positivamente pelas adubações propostas, ainda que as doses ótimas tenham sido menores do que a dose máxima baseada na adubação de manutenção. Importante destacar que tais resultados devem-se, provavelmente, ao efeito do N aplicado por meio de torta de mamona, já que o teor de matéria orgânica do solo era baixo (Tabela 10) e as duas cultivares testadas apresentavam elevado potencial produtivo.

O autor chama a atenção para o fato de as fontes de nutrientes utilizadas serem de liberação lenta, com exceção do KCl; portanto, a diminuição da produção de frutos, na dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl (Tabela 11), pode ter sido ocasionada pelo excesso de K. De acordo

**Tabela 11.** Adubação de plantio com base no princípio da manutenção para solos com níveis muito altos de fósforo e potássio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2011.

Nitrogênio		$\text{P}_2\text{O}_5$		$\text{K}_2\text{O}$		Total ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
Dose ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Fonte – Torta de mamona	Dose ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Fonte – Fosforita Alvorada	Dose ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Fonte – Cloreto de potássio	
0	0	0	0	0	0	0
40	800	30	125	20	33	958
80	1.600	60	250	40	67	1.917
120	2.400	90	375	60	100	2.875

Fonte: adaptado de Vignolo (2011).

com Andriolo et al. (2010), doses altas de K podem prejudicar a produção e o número de frutos em virtude dos efeitos antagônicos na absorção de Ca e/ou Mg, e a consequente redução do crescimento da área foliar. Além disso, de acordo com dados compilados por Grattan e Grieve (1999), quando em excesso, o Cl proveniente da aplicação do KCl pode ocasionar a redução da absorção de  $\text{NO}_3^-$ , conforme mencionado anteriormente.

Segundo Vignolo (2011), após o término do experimento com as doses e fontes citadas na Tabela 11, a análise do solo não constatou diferenças significativas para os macronutrientes P, K, Ca e Mg quando comparadas à análise realizada antes do início do estudo (Tabela 10), demonstrando que a reserva desses nutrientes presentes no solo foi suficiente para atender à demanda das plantas e sustentar uma produtividade de  $51,6 \text{ t ha}^{-1}$  e  $36,3 \text{ t ha}^{-1}$  para as cultivares Camarosa e Camino Real, respectivamente. Portanto, a adequação das doses e fontes de fertilizantes a serem utilizadas no sistema produtivo de morango deve considerar, além da fertilidade do solo, as exigências das diferentes cultivares e a produtividade média esperada.

## Considerações finais

O rápido avanço no melhoramento genético da cultura do morangueiro favoreceu o lançamento de cultivares altamente produtivas, as quais são, geralmente, mais eficientes no uso dos nutrientes. O manejo da adubação deve considerar tais avanços. No entanto, as recomendações atualmente vigentes no País ainda se baseiam em dados obtidos com cultivares antigas, muitas das quais não são mais cultivadas. Ao mesmo tempo, o arranjo espacial das plantas nos canteiros permite que a população ideal fique em torno de 60 mil plantas por hectare, ou seja, duas vezes e meia menor do que aquela considerada ideal na década de 1980. Considerando apenas esses aspectos, constata-se que as recomendações de adubação para a cultura deveriam ser revistas e atualizadas.

Verificou-se também a presença de elevados teores de nutrientes do solo na maioria das áreas de cultivo de morango. Tal situação pode trazer problemas tanto para a espécie cultivada quanto para o ambiente no entorno dessas áreas, principalmente no que diz respeito à contaminação das águas superficiais, especialmente por fósforo e/ou nitrato. Para a cultura propriamente dita, o aumento da salinidade pode trazer prejuízos ao estabelecimento das plantas e à sua capacidade produtiva.

Nesse sentido, as recomendações de adubação deveriam considerar o histórico da área de cultivo, a população de plantas, a expectativa de produtividade de frutos das cultivares

utilizadas, a quantidade de nutrientes exportada da área (frutos + biomassa da planta) e o requerimento de nutrientes de acordo com o estágio fenológico da planta (marcha de absorção dos nutrientes). De posse de tais informações, é possível adotar uma adubação mais equilibrada e que venha a favorecer a produtividade do morangueiro, bem como a qualidade dos frutos produzidos e a segurança do ambiente no entorno das lavouras.

## Referências

- ALBREGTS, E. E.; HOWARD, C. M. Accumulation of nutrients by strawberry plants and fruit grown in annual hill culture. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 105, n. 3, p. 386-388, 1980.
- ALBREGTS, E. E.; HOWARD, C. M. Elemental composition of fresh strawberry fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 103, n. 3, p. 293-296, 1978.
- ALBREGTS, E. E.; HOWARD, C. M. N, P, K composition of and accumulation by strawberry plant organs from transplanting through fruit harvest. **Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings**, v. 40, p. 30-33, 1981.
- ALBUQUERQUE, T. C. S.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. R. Concentração e marcha de absorção de nutrientes minerais e acúmulo de matéria fresca na alface cultivada em três substratos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7., 2008, Londrina. **Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental**: anais. Londrina: Embrapa Soja: SBCS: IAPAR: UEL, 2008. 1 CD-ROM.
- ALVARENGA, M. A. R. **Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (Lactuca sativa L.) sob doses de nitrogênio aplicados no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar**. 1999. 119 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ANDRIOLI, F. F.; PRADO, R. M.; ANDRIOLI, I.; SAES, L. P. Curva de crescimento e marcha de absorção de nutrientes pela cultura do alho sob condições de campo. **Scientia Agrária**, v. 9, n. 3, p. 385-393, 2008.
- ANDRIOLO, J. L.; JANISCH, D. I.; SCHMITT, O. J.; PICLO, M. D.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L. Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 267-272, 2010.
- ANTONIOLLI, Z. I.; ROVEDDER, A. P. M.; STEFFEN, G. P. K. **Manejo biodinâmico do solo**. [S.l.: UAB: UFSM], 2008. 68 p. Apostila do Curso de Graduação Tecnológica em Agricultura Familiar e Sustentabilidade UAB/UFSM.
- ARAÚJO, V. F. **Utilização de fertilizantes a base de xisto na produção e qualidade de morangos**. 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- BAMBERG, A. L. **Atributos físicos, hídricos e químicos de solos em sistemas de produção de morango em Turucu-RS**. 2010. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344 p.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Recuperação de um solo salinizado após cultivo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662001000100014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662001000100014)>. Acesso em: 1º ago. 2012.

BOULD, C.; CATLOW, E. Manurial experiments with fruit: I - The effect of long, term manurial treatments on soil fertility and on the growth, yield and leaf nutrient status of strawberry, var. climax. **The Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 29, n. 3, p. 203-219, 1954.

BRUULSEMA, T.; LEMUNYON, J.; HERZ, B. Know your fertilizer rights. **Crop and Soils**, v. 42, n. 2, p. 13-18, 2009.

BRYLA, D. R. Application of the "4R" nutrient stewardship concept to horticultural crops: getting nutrients in the "right" place. **HortTechnology**, v. 21, n. 6, p. 674-682, 2011.

CARVALHO, S. P. (Coord.). **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2005. 159 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 2. ed. Passo Fundo: SBSC-Núcleo Regional Sul: EMBRAPA-CNPT, 1989. 128 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBSC-Núcleo Regional Sul: EMBRAPA-CNPT, 1995. 224 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 3ª aproximação**. Belo Horizonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 1978. 80 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação**. Lavras: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1989. 176 p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400 p.

CUTCLIFFE, J. A.; BLATT, C. R. Effects of N, P, K, B, and lime on strawberry yields. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 64, n. 4, p. 945-949, 1984.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-132.

DICK, D. P.; MARTINAZZO, R. Matéria orgânica em ambientes terrestres e aquáticos: compartimentos, composição e reações. In: POLETO, C.; MERTEN, G. H. (Ed.). **Qualidade dos sedimentos**. Porto Alegre: ABRH, 2006. p. 141-179.

DOMÍNGUEZ, A.; MARTÍNEZ, A.; TRIGO, A.; ALONSO, D.; GARCÍA, R.; SÁNCHEZ, R.; GHORBEL, R.; TOMÁS, J. Dinámica foliar de elementos minerales en la variedad de mandarina "Nova". **Levante Agrícola**, v. 387, n. 3, p. 296-300, 2007.

DOMÍNGUEZ, A.; MARTÍNEZ, E.; TRIGO, A.; ALONSO, D.; GARCÍA, R.; SÁNCHEZ, R.; GHORBEL, R.; TOMÁS, J. Seasonal changes in leaf mineral content may affect foliar diagnostic in strawberry. **Acta Horticulturae**, v. 842, p. 147-150, 2009.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 176-182, 2009.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESSES, 1993, Lincoln. **Proceedings...** Lincoln: University of Nebraska, 1993. p. 142-159.

FATTAHI, M.; GHOLAMI, M.; REZA, M.; KHOSROSHAHI, Z.; VARSHABSAZ, A.; FATTAHI, B. Effect of chloride (KCl and MgCl<sub>2</sub>) and various nitrogen sources on nutrients concentration in strawberry plant organs. **Acta**



**Horticulturae**, v. 842, p. 1015-1019, 2009. Disponível em: <[http://www.actahort.org/books/842/842\\_226.htm](http://www.actahort.org/books/842/842_226.htm)>. Acesso em: 1º ago. 2012.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 90-94, 2002.

FELTRIM, A. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em chicória coberta e não coberta com polipropileno. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 50-55, 2008.

FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; MORENO, R.; GRACÍA-CREUS, M. Seasonal changes of mineral nutrients in olive leaves during the alternate-bearing cycle. **Scientia Horticulturae**, v. 82, n. 1-2, p. 25-45, 1999.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Ed. Universidade Federal de Viçosa, 2003. 402 p.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 12, p. 2267-2276, 1999.

FURLANI, P. R.; PURQUERIO, L. F. V. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: PRADO, R. de M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. (Ed.) et al. **Nutrição de plantas**: diagnose foliar em hortaliças. Jaboticabal: FCAV: CAPES: FUNDUNESP, 2010. p. 45-62. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/download/biblioteca/desafios\\_2010.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/download/biblioteca/desafios_2010.pdf)>. Acesso em: 27 fev. 2012.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 93-97, 2004.

GRASSI FILHO, H.; SANTOS, C. H.; CRESTE, J. E. Nutrição e adubação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 36-40, 1999.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 78, p. 127-157, 1999.

GROPPO, G. A.; TESSARIOLI NETO, J. **A cultura do morangueiro**. Campinas: CATI, 1991. 16 p. (CATI. Boletim técnico, 201).

GUERTAL, E. A. Preplant slow-release nitrogen fertilizers produce similar Bell pepper yields as split applications of soluble fertilizer. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 2, p. 388-393, 2000.

HAAG, H. P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral de hortaliças**. Campinas: Fundação Cargil, 1988. 538 p.

HENZ, G. P.; ARAÚJO, T. M.; PEREIRA, S. F. **Produção de morango no Distrito Federal**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. 88 p.

HOCHMUTH, G.; HANLON, E. **A summary of N and K research with strawberry in Florida**. [Gainesville: IFAS], 2011. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/CV/CV22900.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

ISLABÃO, G. O.; VAHL, L. C.; TIMM, L. C.; BAMBERG, A. L.; PRESTES, R. B. Teores de N, P e K em solos cultivados com morango no município de Turucu/RS. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11.; MOSTRA CIENTÍFICA, 1., 2009, Pelotas. **Evoluir sem extinguir**: por uma ciência do devir. Pelotas: UFPEL, 2009. p. 1-5.

KAMINSKI, J. Recomendação de fertilizantes para fruteiras: desafio ou apenas um recomeço?. **Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, n. 1, p. 22-23, 2011.

KAMINSKI, J.; SILVA, L. S. da; CERETTA, C. A.; SANTOS, D. R. dos. Acidez e calagem em solos do Sul do Brasil: aspectos históricos e perspectivas futuras. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 5, p. 307-332, 2007.

KANO, C. **Extrações de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido com adição de potássio e CO<sub>2</sub> na água de irrigação**. 2002. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

KOPANSKI, K.; KAWECKI, Z. Nitrogen fertilization and growth and cropping of strawberries in the conditions of Zławy: III. Cropping and fruit chemical composition. **Agriculture**, v. 58, p. 135-142, 1994.

KWONG, S. S.; BOYNTON, D. Time of sampling, leaf age and leaf fraction as factors influencing the concentration of nutrient elements in strawberry leaves. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 73, p. 168-173, 1959.

LIETEN, F.; MISOTTEN, C. Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown on substrate. **Acta Horticulturae**, v. 348, p. 299-306, 1993.

MANUAL de adubação e calagem para os cultivos agrícolas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Trigo e Soja**, v. 56, p. 1-34, 1981.

MARCUSSI, F. F. N.; VILLAS BÔAS, R. L. Marcha de absorção de micronutrientes em plantas de pimentão sob fertirrigação em ambiente protegido. **Irriga**, v. 8, n. 3, p. 203-217, 2003.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 65-90.

MOURA, G. C.; VIGNOLO, G. K.; SILVA, S. D. A.; ANTUNES, L. E. C. Concentração de nutrientes em folhas de morangueiros cultivados sob diferentes níveis de adubação de base. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 3.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE AGROENERGIA, 3.; REUNIÃO TÉCNICA DA MANDIOCA, 10.; REUNIÃO TÉCNICA DA BATATA-DOCE, 2., 2010, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 1 CD-ROM.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 133-204.

NOVO, M. C. S. S.; TRANI, P. E.; MINAMI, K. Desempenho de três cultivares de almeirão sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 1, p. 84-87, 2003.

OLIVEIRA, R. P.; NINO, A. F. P.; SCIVITTARO, W. B. Mudanças certificadas de morangueiro: maior produção e melhor qualidade da fruta. **A Lavoura**, v. 108, p. 35-38, 2005.

OLIVEIRA, R. P.; SOUZA, T. M.; SCIVITTARO, W. B. **Ventana**: nova cultivar de morangueiro recomendada para o Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 4 p.

PACHECO, D. D.; DIAS, M. S. C.; ANTUNES, P. D.; RIBEIRO, D. P.; SILVA, J. J. C.; PINHO, D. B. Nutrição mineral e adubação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 40-49, 2007.

PASSOS, F. A. Nutrição, adubação e calagem do morangueiro. In: DUARTE FILHO, J.; CANÇADO, G. M. A.; REGINA, M. A.; ANTUNES, L. E. C.; FADINI, M. A. M. (Coord.). **Morango**: tecnologia de produção e processamento. Caldas: Epamig, 1999. p. 159-167.

RAIJ, B.; CANATRELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANO, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo - FUNDAG, 1996. 285 p. (IAC. Boletim técnico, 100).

RAIJ, B.; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANATRELLA, H.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1985. 107 p. (IAC. Boletim técnico, 46).

REBELO, J. A.; BALARDIN, R. S. **A cultura do morangueiro**. 3. ed. Florianópolis: Epagri, 1997. 44 p. (Epagri. Boletim técnico, 46).

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 48). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/T0667E/T0667E00.htm>>. Acesso em: 28 maio 2012.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5. Aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

ROSE, M. A.; WHITE, J. W.; ROSE, M. A. Maximizing nitrogen-use efficiency in relation to the growth and development of poinsettia. **HortScience**, v. 29, n. 4, p. 272-276, 1994.

SANTOS, A. M. S. dos; MEDEIROS, A. R. M. de. Nutrição, calagem e adubação. In: PEREIRA, D. P.; BANDEIRA, D. L.; QUINCOZES, E. da R. F. (Ed.). **Sistema de produção do morango**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Sistemas de produção, 5). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/index.htm>>. Acesso em: 4 maio 2012.

SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S. Fertilizantes orgânicos, organominerais e agricultura orgânica. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 175-186.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B. M.; CÁSSIA, R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; CARDOSO, G. D.; VIRIATO, J. R.; BELTRÃO, N. E. de M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 879-882, 2006.

SHARPLEY, A. N.; MCDOWELL, R. W.; KLEINMAN, P. J. A. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. **Plant and Soil**, v. 237, p. 287-307, 2001.

SHAVIV, A.; MIKKELSEN, R. L. Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 35, n. 1, p. 1-12, 1993.

SOUZA, A. F.; HAAG, H. P.; SARRUGE, J. R.; OLIVEIRA, G. D.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças: XXIX. Absorção de macronutrientes por quatro cultivares de morangueiro (*Fragaria* spp.). **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 33, p. 647-683, 1976.

SPECHT, S.; BLUME, R. A competitividade da cadeia do morango no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO SOBER, 48., 2010, Campo Grande. **Trabalhos aprovados...** [S.l.]: Sober, 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/15/824.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2012.

TAGLIAVINI, M.; BALDI, E.; LUCCHI, P.; ANTONELLI, M.; SORRENTI, G.; BARUZZI, G.; FAEDI, W. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria x ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. **European Journal of Agronomy**, v. 23, n. 1, p. 15-25, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3rd ed. Sunderland: Sinauer, 2002. 690 p.

TAKEISHI, J.; CECÍLIO FILHO, A. B.; OLIVEIRA, P. Crescimento e acúmulo de nutrientes em couve-flor 'Verona'. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2009.

VARGAS, R. M. B.; MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Mecanismos de suprimento de fósforo, potássio, cálcio e magnésio às raízes de milho em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 143-148, 1983.

VAUGHN, E. K.; ROBERTS, A. N.; MELLENTHIN, W. M. The influence of douglas fir sawdust and certain fertilizer elements on the incidence of red stele disease of strawberry. **Phytopathology**, v. 44, p. 601-603, 1954.

VIGNOLO, G. K. **Produção e qualidade de morangos a partir de formulações de fertilizantes alternativos**. 2011. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

VIGNOLO, G. K.; ARAÚJO, V. F.; KUNDE, R. J.; SILVEIRA, C. A. P.; ANTUNES, L. E. C. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, p. 1755-1761, 2011.

VILLAS BÔAS, R. L. **Acúmulo de nutrientes em plantas de tomate híbrido Thomas**. [S.l.]: Syngenta/Rogers, 2002. 27 p.

VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; SOUZA, T. R.; MOTA, P. R. D'A. **Manejo da fertirrigação de hortaliças**. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev\\_1/mini05.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/mini05.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2011.

YORINORI, G. T. **Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. Atlantic**. 2003. 79 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

YOSHIDA, Y.; OHI, M.; FUJIMOTO, K. Fruits malformation, size and yield in relation to nitrogen and nursery plants in large fruited strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch. Cv. Ai-Berry). **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 59, n. 4, p. 727-735, 1991.



# CAPÍTULO 10

## Produção no campo

Luciano Picolotto  
Gerson Kleinick Vignolo  
Michel Aldrighi Gonçalves  
Carine Cocco  
Luis Eduardo Corrêa Antunes



## Introdução

Na implantação da cultura do morangueiro, o produtor deve levar em conta, entre outros aspectos, o nível tecnológico a ser adotado (SANTOS; MEDEIROS, 2005). O morangueiro pode ser cultivado no solo, com ou sem o uso de cobertura plástica, em túneis baixos, em estufas ou pelo sistema hidropônico (PAGOT et al., 2005).

A escolha do sistema produtivo depende do perfil do agricultor e das exigências do mercado que pretende alcançar (LIMA; CALEGARIO, 2011). No Brasil, o sistema produtivo do morangueiro tem evoluído muito (MADAIL et al., 2007). O sistema de cultivo dessa cultura, tradicionalmente produzida no campo, foi modificado, passando a ser produzida também em ambiente protegido (ANTUNES et al., 2007), especialmente em túneis, baixos ou altos, que, conforme Kovaleski et al. (2006), são conhecidos também como estufas plásticas.

Outra prática importante para a cultura do morangueiro, segundo Strassburger et al. (2009), é a utilização de cobertura do solo, que consiste na aplicação de qualquer cobertura na sua superfície, formando uma barreira física à transferência de energia e vapor d'água entre o solo e a atmosfera. Essas coberturas são importantes para diminuir a incidência de plantas daninhas nos canteiros e, segundo Dias et al. (2007), protegem as frutas do contato direto com o solo, além de manterem a umidade.

Os materiais utilizados como cobertura do solo para a cultura do morangueiro podem ser de origem vegetal ou sintética (como os filmes de polietileno). De acordo com Dias et al. (2007), vários tipos de *mulching* foram testados, e os que sobressaíram foram os seguintes: tecido não tecido (TNT), acícula de pínus e maravalha (fita de madeira picada), sendo as duas últimas colocadas em camadas de 3 cm a 5 cm, no sistema de produção orgânico. A cobertura do canteiro com palha também foi utilizada no passado (FILGUEIRA, 2003). No entanto, atualmente esse material vem sendo substituído por material sintético, geralmente o polietileno. A utilização do plástico na cultura do morangueiro para a cobertura do canteiro de plantas cria um microclima diferenciado para cultivo (GOTO; DUARTE FILHO, 1999). A proteção dos canteiros pode ser de várias maneiras, conforme mencionado anteriormente; no entanto, segundo Strassburger et al. (2009), grande parte dos agricultores tem preferência pelos túneis baixos para a cultura do morangueiro, especialmente por causa do menor custo de implantação e da possibilidade de mudanças das áreas de cultivo.

Entre as vantagens que os túneis proporcionam em comparação com o cultivo sem proteção, podem ser citadas: a antecipação da colheita, a maior produção e a melhor



qualidade das frutas. Esses benefícios podem ser atribuídos a uma eficiente proteção contra os fenômenos climáticos, como geada, granizo, vento, chuva, insolação, queda acentuada da temperatura durante a noite e proteção do solo contra a lixiviação. Como principais desvantagens, registram-se: o elevado custo do plástico e o aumento da mão de obra ocupada com o manejo constante dos túneis (STRASSBURGER et al., 2009).

O manejo da cultura e o sistema de produção adotado são de fundamental importância para o sucesso da lavoura (STRASSBURGER et al., 2009). Para isso, as práticas culturais devem ser definidas para cada sistema produtivo, e devem ser adequadas aos diferentes locais de produção. Nesse propósito, serão abordados, a seguir, os principais tratamentos culturais para o cultivo do morangueiro no campo.

## Práticas culturais

Para que as plantas expressem o seu potencial produtivo, é necessário que condições adequadas de cultivo sejam proporcionadas (STRASSBURGER et al., 2009) e que seja feito o monitoramento sistemático da lavoura, para que sejam adotados os procedimentos necessários (MEDEIROS; SANTOS, 2005).

A adequação do manejo da cultura do morangueiro é uma das formas de melhorar a qualidade da fruta produzida, reduzir custos de produção e evitar a degradação do solo e da água (BAMBERG et al., 2009). O uso de técnicas culturais apropriadas, juntamente com a produção de mudas de qualidade, ocupa lugar de destaque na produção de morangos. Muitos problemas no cultivo do morangueiro resultam de erros técnicos do manejo (PASSOS; PIRES, 1999).

As principais práticas para obter elevada produtividade são: escolha do local, rotação de culturas, adubação de base, preparo do canteiro (PAGOT et al., 2005), observação das técnicas de plantio, controle de invasoras, avaliação das condições edafoclimáticas, época de plantio das mudas, proteção de mudas contra ventos fortes e densidade adequada de plantio.

## Escolha do local para o plantio

Na escolha do local para o plantio, deve-se levar em consideração fatores edafoclimáticos, como tipo de solo, temperatura média do ar e fotoperíodo. Segundo Filgueira (2003), o morangueiro adapta-se a solos com alta fertilidade e com bom teor de matéria

orgânica. Conforme Goto e Duarte Filho (1999), para cada função vital do morangueiro (enraizamento, florescimento, frutificação, etc.) existem temperaturas críticas que atuam na regulação dos processos. O fotoperíodo, a temperatura e a interação entre esses dois fatores desempenham papel fundamental no desenvolvimento reprodutivo e vegetativo.

De acordo com Pagot et al. (2005), a área de produção deve estar localizada em terrenos levemente inclinados, não ultrapassando 2% a 3%, com boa exposição solar e adequada drenagem.

O plantio de morangueiros não deve ser feito em áreas onde foi mantido um viveiro ou uma área de produção dessa mesma cultura, em virtude do acúmulo de agentes patogênicos durante o ciclo de produção, que deverão afetar o crescimento e o desenvolvimento das mudas do novo plantio (PAGOT et al., 2005). Nesses locais, recomenda-se a rotação de cultura, visando à redução da fonte de inóculos responsáveis pelas principais doenças da cultura.

O local de cultivo do morangueiro deve dispor de água para suprir a demanda hídrica nos períodos mais críticos da cultura, em quantidade e qualidade adequadas, ou seja, sem contaminantes químicos ou orgânicos. De acordo com Pires et al. (1999), o excesso ou o déficit hídrico no morangueiro pode influenciar a qualidade da fruta em pós-colheita.

O local onde serão construídos os canteiros deve estar protegido contra ventos fortes, a fim de evitar lesões na parte aérea da planta e diminuir a entrada de pragas e patógenos na lavoura. Em caso de não haver proteção natural contra ventos fortes, devem ser instalados quebra-ventos artificiais ou plantas perenes ou anuais, de porte adequado à função. Ainda segundo Ronque (1998), se o terreno for um tanto úmido em algumas ocasiões, o plantio nessa área deverá ser evitado, pois o morangueiro é sensível ao excesso hídrico. Se isso não for possível, a altura dos canteiros de produção deverá ser elevada.

## Rotação de cultura

Recomenda-se o plantio de morangueiro em áreas onde as culturas anteriores não tenham apresentado problemas fitossanitários comuns, principalmente as solanáceas, espécies hospedeiras de doenças, como a rizoctoniose, causada pelo fungo *Rhizoctonia solani*, e a murcha das plantas, causada pelo fungo *Verticillium dahliae*. Também se recomenda esperar 3 anos para que se volte a plantar morangueiro na mesma área onde foi cultivado no ano anterior (RONQUE, 1998).

A rotação de cultura no morangueiro consiste em alterar espécies com diversas características e exigências, para melhorar o aproveitamento do solo, manter suas estrutura e fertilidade e um bom estado sanitário (PASSOS; PIRES, 1999). Na Serra Gaúcha, por exemplo, Pagot et al. (2005) recomendam fazer uma rotação de culturas (adubação verde) que deverá incluir aveia (60 kg a 80 kg de sementes por hectare) ou azevém (25 kg a 30 kg de sementes por hectare) no inverno, seguido de milho (30 kg de sementes por hectare) ou milheto (15 kg de sementes por hectare) no fim da primavera-verão. *Mucuna*-preta (*Mucuna aterrima*), *mucuna*-cinza (*Mucuna pruriens*), *mucuna*-anã (*Mucuna deeringiana*), *Crotalaria paulinea*, *Crotalaria juncea*, soja (*Glycine max*), entre outras, podem ser usadas como adubo verde. Espécies não atacadas por *Meloydogyne hapla*, como quiabo (*Abelmoschus esculentum*), trigo (*Triticum aestivum*) e milho (*Zea mays*), ou espécies que, embora sofram infestações leves, podem também ser usadas em casos muito especiais, como pepino (*Cucumis sativus*), abóbora (*Cucurbita* spp.), cebola (*Allium cepa*) e alho (*Allium sativum*). A rotação com alface (*Lactuca sativa*) é uma boa opção econômica, podendo-se, até mesmo, aproveitar a cobertura plástica (RONQUE, 1998).

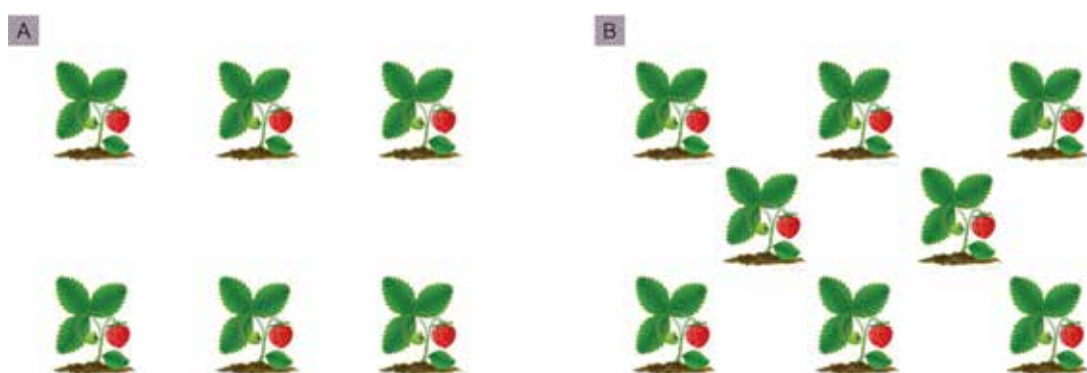
O uso de leguminosas na adubação verde para o morangueiro também é recomendado, devendo ser manejada por meio de incorporação antes do florescimento. Depois da incorporação das culturas, deve ser feita a adubação orgânica (cama de aviário, esterco, composto orgânico, etc.) ou deve-se aplicar parte da adubação nitrogenada recomendada para a cultura (PAGOT et al., 2005).

Muitos produtores não praticam a rotação de cultura no ano seguinte ao cultivo do morangueiro, optando, assim, por mais um ano de cultivo no mesmo local. Não retiram, assim, as plantas após o término do ciclo. Essa prática consiste em fazer uma poda na parte aérea para estimular sua renovação. De acordo com Ronque (1998), o principal objetivo dessa prática é antecipar o início de produção de frutas num segundo ciclo de cultivo. Um problema associado a essa prática é a possibilidade de aumentar consideravelmente o foco de doenças e pragas de um ciclo de cultivo para outro. Portanto, seu uso só é justificado em locais com plantas saudáveis e baixa incidência de patógenos.

## Espaçamento de plantio

Recomenda-se usar uma densidade de plantio adequada para assegurar boa aeração e penetração de luz, visando à sanidade das plantas e a uma boa coloração da fruta, o que também vai facilitar a colheita e os tratos culturais. A densidade de plantio depende do

vigor da cultivar e do local de plantio (PASSOS; PIRES, 1999), além da forma de distribuição das mudas no canteiro. No caso de cultivares pouco vigorosas, como Camino Real, pode-se adotar maior densidade de plantio. Segundo Filgueira (2003), o espaçamento de plantio usual é de 0,3 m x 0,3 m, sendo as plantas dispostas em quadrado ou triângulo (Figura 1), em canteiros com duas a quatro fileiras, a depender principalmente do vigor da cultivar, ou, ainda, de 0,3 m x 0,35 m e 0,3 m x 0,4 m, para cultivares vigorosas, como Camarosa (RONQUE, 1998; SANTOS; MEDEIROS, 2005).



**Figura 1.** Representação esquemática da distribuição das mudas no sistema de plantio, na forma de quadrado (A) e triângulo (B).

A largura dos canteiros é variável, mas, de acordo com Ronque (1998), há produtores que preferem utilizar canteiros com 1 m de largura. Nesse caso, é recomendável utilizar apenas três linhas por canteiro, com espaçamento de 0,3 m x 0,3 m, favorecendo, segundo Strassburger et al. (2010), a produção. Quanto menor o espaçamento, maior a tendência de incidência de doenças (RONQUE, 1998).

## Preparo da área e adubação

A cultura do morangueiro é altamente exigente no preparo do solo. Portanto, se a área onde vai ser implantada a lavoura não estiver sendo cultivada, se a cultura anterior não tiver exigido um criterioso preparo de solo, ou, ainda, se a área for de pastagens, recomenda-se que o preparo do solo inicie com um ano de antecedência, utilizando-se culturas mais exigentes no preparo do solo, como o milho (*Zea mays*) e o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (RONQUE, 1998). Os solos devem ser preparados com o objetivo de romper camadas que impossibilitem o bom desenvolvimento do sistema radicular do morangueiro (DIAS et al., 2007).

Nas condições do Centro-Sul do Brasil, o preparo do solo e a calagem são realizados em janeiro-fevereiro (FILGUEIRA, 2003). A adubação deve ser realizada de acordo com a análise de solo (DIAS et al., 2007). A aplicação da adubação mineral nos canteiros é feita em março (FILGUEIRA, 2003) e após o sulcamento, incorporando-se a terra no momento de abaular os canteiros (PAGOT et al., 2005).

De modo geral, recomenda-se aração seguida de gradagem; e, para facilitar a drenagem e o rompimento da camada adensada, indica-se a subsolagem. De acordo com Ronque (1998), recomenda-se aração para incorporar os restos culturais da lavoura anterior ou das plantas invasoras, devendo ser realizada, no mínimo, 69 dias antes do plantio, seguida de gradagem. Já a subsolagem ou escarificação é recomendada a cada 4 ou 5 anos. Quanto à profundidade de preparo do solo, de acordo com Aranda (2008), normalmente são atingidos entre 40 cm e 50 cm.

## Preparo dos canteiros ou encanteiramento

Os canteiros podem ser construídos manualmente ou de forma mecanizada. Devem ser construídos com um pequeno desnível (de 0,1% a 0,3%), para facilitar o escoamento da água e evitar o encharcamento do solo. O comprimento vai depender das condições do terreno, mas não se recomendam canteiros muito compridos (no máximo 50 m). No final do canteiro, pode-se fazer um passador, ou seja, um local de acesso entre os canteiros, o qual pode ser desencontrado nos diferentes canteiros, auxiliando, assim, a controlar possíveis erosões.

O morangueiro apresenta raízes superficiais e, segundo Pires et al. (2000), cerca de 75% concentram-se a 30 cm de profundidade. Portanto, de acordo com Ronque (1998), os canteiros onde serão plantadas as mudas devem ser feitos com o máximo cuidado possível. O desenvolvimento da cultura depende também das propriedades físicas do solo encanteirado.

As propriedades químicas do solo também são importantes para a cultura do morangueiro; portanto, recomenda-se a correção da fertilidade do solo com base na sua análise. Segundo Santos e Medeiros (2005), depois da correção, procede-se ao levantamento dos canteiros (Figura 2).

A construção dos canteiros tem por objetivo facilitar a drenagem, visto que o cultivo é realizado durante o inverno (período chuvoso em algumas regiões produtoras) no Sul do Brasil. Os canteiros podem ser feitos por meio de um sulcador tracionado por microtrator.



**Figura 2.** Preparo dos canteiros (A) e incorporação do adubo com encanteirador (B).

Também podem ser feitos por um encanteirador tracionado por trator, que tenha três ou quatro sulcadores, ou com o uso de uma enxada rotativa. O canteiro fica bem preparado com o uso de qualquer um desses equipamentos (PAGOT et al., 2005).

Passos e Pires (1999) recomendam ainda a descompactação, o revolvimento e o nivelamento do solo, além do preparo de canteiros com pelo menos 30 cm de altura. Para facilitar o acesso aos canteiros, recomenda-se usar, entre eles, carregadores (espaço entre os canteiros) com 30 cm a 40 cm de largura (FILGUEIRA, 2003). No carregador, podem ser colocados resíduos vegetais para facilitar o trânsito de pessoas e manter o espaço limpo, principalmente de plantas invasoras, em virtude do efeito alelopático que essa cobertura exerce. Segundo Ronque (1998), a cobertura do carregador deve ser feita logo após a colocação do plástico no canteiro. Para isso, podem ser utilizados diversos materiais (casca de arroz, palha de milho, capim-elefante picado, acícula de pinus, etc.).

### Largura do canteiro

A largura do canteiro geralmente varia de 80 cm a 120 cm, ficando cerca de 50 cm destinados aos carregadores. Segundo Pagot et al. (2005), a altura do canteiro deverá ser de 20 cm a 30 cm, podendo ser ajustada conforme a inclinação do terreno e as características do solo. É fundamental abaular o canteiro, de forma a deixar que o seu centro fique 15 cm mais alto do que os lados. Consegue-se isso retirando a terra do caminho e jogando-a sobre o canteiro, com o auxílio de uma pá. Depois, com o uso de um ancinho, a terra é puxada para as bordas, dando-lhe a forma abaulada.

A parte central do canteiro deve ser mais alta para não deixar acumular a água da chuva ou da irrigação. Assim, vai facilitar o escoamento da água pelo plástico e sua entrada através dos furos do filme até onde estarão as mudas. Além disso, previne o excesso de umidade no solo (PAGOT et al., 2005). O canteiro, ademais, ajuda a manter fixo o filme plástico, ou seja, resistente à força do vento.

Para que o filme plástico fique bem assentado no canteiro, deve-se passar o ancinho para destorroar a terra, impedindo que torrões ou pontas venham a perfurar o filme e diminuir a duração da cobertura de plástico no canteiro (PAGOT et al., 2005). Para um melhor assentamento do filme, recomenda-se a colocação da cobertura em dias quentes e ensolarados, pois o material fica mais flexível, o que facilita o processo de fixação.

## Demarcação das covas

A demarcação das covas no canteiro pode ser feita de várias maneiras, sendo comum a utilização de um estrado, o qual é composto por barras longitudinais e transversais, distanciadas conforme a disposição e o espaçamento desejados. Na interseção das barras, é colocada uma haste de madeira, com ponta aguda, para demarcar o local onde será feita a cova (Figura 3). A cova, ao ser aberta, deve ter espaço suficiente para a distribuição uniforme do sistema radicular (tanto na profundidade quanto no sentido lateral). Se o solo estiver em condições de friabilidade, essa operação poderá ser feita com a mão, 4 cm a 5 cm no sentido do comprimento (SANTOS; MEDEIROS, 2005).

## Plantio das mudas

O transplante das mudas para os canteiros definitivos é realizado de fevereiro a março na região Sudeste, e até junho no Sul. No entanto, segundo Filgueira (2003), a época ideal para o plantio depende das condições climáticas da região onde será cultivado o morangueiro.

Recomenda-se o plantio das mudas assim que forem observadas quedas sucessivas na temperatura, o que é fundamental para um bom estabelecimento das mudas na fase inicial do plantio (DIAS et al., 2007). Nos plantios antes de abril, há alto risco de morte de plantas, em virtude das temperaturas elevadas e do fato de a muda estar fisiologicamente imatura (SANTOS; MEDEIROS, 2005).





**Figura 3.** Estrutura de madeira utilizada para a demarcação das covas.

Na implantação da cultura, devem-se utilizar preferencialmente mudas que apresentem coroa grande, condição importante para a produção precoce de frutas. A muda pequena não apresenta produção precoce, e a produtividade é 20% a 25% menor (SANTOS; MEDEIROS, 2005).

No momento do transplante, a gema apical não deve ser coberta, devendo ficar um pouco acima do nível normal do leito (FILGUEIRA, 2003). Se a gema ficar muito enterrada, a planta poderá secar antes de ter desenvolvido o sistema radicular; se, ao contrário, ficar muito elevada, com a parte superior da raiz descoberta, as plantas poderão sofrer ressecamento e estresse (Figura 4) (RONQUE, 1998). No plantio da muda, deve-se ter cuidado especial com a distribuição do sistema radicular, de modo que fique uniformemente disperso e com as extremidades (pontas) dispostas no sentido vertical; nunca com as pontas voltadas para cima (SANTOS; MEDEIROS, 2005). Para impedir essa situação, deve-se colocar todo o



sistema radicular na cova e, antes de colocar a terra, deve-se levantar a muda um pouco, deixando as raízes na posição a mais reta possível (RONQUE, 1998).

O plantio de mudas envasadas ou enviveiradas, conhecidas como mudas com torrão, além de facilitar o plantio por posicioná-las corretamente na cova, minimiza o estresse ocasionado pelo transplante e aumenta a produtividade nos primeiros meses de colheita (PASSOS; PIRES, 1999). Tão logo a muda esteja coberta com solo, deve-se irrigar o solo (FILGUEIRA, 2003). E cuidar para não plantar a muda com o sistema radicular embarrado, pois isso vai dificultar a distribuição das raízes na cova, tornando difícil a emissão de novas raízes se as iniciais estiverem muito agrupadas (SANTOS; MEDEIROS, 2005).

A sensibilidade apresentada pelas mudas de raízes nuas de morangueiro às variações de umidade e temperatura do solo provoca a morte de muitas delas após o transplante, sendo, nesse caso, conveniente replantá-las. O replantio geralmente é feito com mudas que sobraram do plantio, que devem ser plantadas na mesma época daquelas destinadas à produção comercial. O plantio prévio dessas mudas pode ser feito no espaçamento de 5 cm x 20 cm.

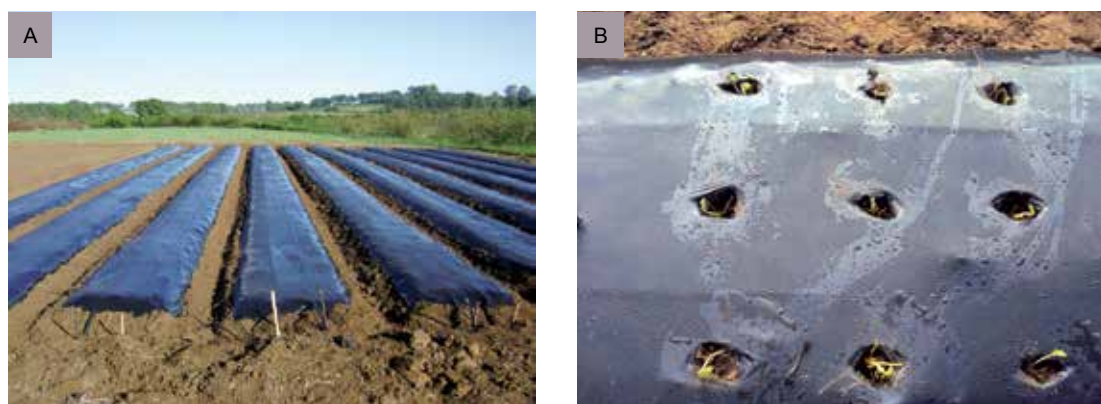
Fotos: Luciano Picolotto



**Figura 4.** Implantação da muda no canteiro: muito superficial (A), profundidade adequada (B) e muito profunda (C).

## Cobertura do solo ou *mulching*

A cobertura do canteiro, conforme comentando anteriormente, pode ser de material palhoso ou plástico preto (Figura 5). Se for utilizado o plástico (RONQUE, 1998), convém colocá-lo quando as mudas iniciarem o crescimento vegetativo, ou seja, aproximadamente 30 dias após o plantio. Nesse caso, introduzem-se pequenas hastes de taquara ao lado de cada planta, em alguns metros de canteiro, e estende-se o plástico sobre ele. O local de cada planta fica demarcado pelas hastes de taquara. O plástico é furado no local demarcado e, em seguida, é preso na lateral dos canteiros.



Fotos: Luciano Picolotto

**Figura 5.** Cobertura dos canteiros com plástico de polietileno (A), seguido de transplante das mudas (B).

Pode-se também colocar o plástico preto no canteiro antes do transplante das mudas, facilitando, assim, a sua colocação (Figura 5). Nesse caso, a marcação da cova é feita perfurando o plástico com uma estaca de madeira pontiaguda ou um estrato de madeira, conforme demonstrado na Figura 3, na qual se marcam a(s) cova(s) de acordo com o espaçamento e a profundidade desejados.

A cobertura do solo ou *mulching* é uma prática bastante comum na cultura do morangueiro, indicada praticamente em todo o mundo. No Brasil, é essencialmente utilizada para evitar que as frutas entrem em contato com o solo e assim se deteriore; e também para impedir o desenvolvimento de plantas daninhas. A cobertura morta do solo impede que a excessiva umidade atinja e prejudique as frutas, transmitindo doenças e impurezas, que as depreciam (RONQUE, 1998). Quando utilizados resíduos vegetais, esses devem formar uma

camada com espessura suficiente para evitar que os raios solares penetrem e para garantir menor evaporação da água, mantendo, assim, a umidade do solo (STRASSBURGER et al., 2009).

Considera-se cobertura do solo qualquer material colocado sobre o solo que tenha elevada resistência à transferência de vapor de água, isto é, que seja totalmente impermeável. Esse tipo de cobertura, além de reduzir ou eliminar a evaporação da água nos canteiros, também é capaz de modificar totalmente o regime térmico do solo, conforme sua composição e sua coloração (REISSER JUNIOR et al., 2009). Ainda impede a formação de crosta na superfície do canteiro, melhorando a aeração, a porosidade e a absorção de água pelas raízes (RONQUE, 1998).

A cobertura dos canteiros com material palhoso era prática tradicional no passado. Os materiais utilizados eram: capim seco, palha da haste de arroz, casca de arroz, cepilho de madeira, bagaço de cana picado, entre outros. Essa cobertura apresenta as seguintes vantagens: a) conserva a umidade do solo; b) reduz e mantém constante a temperatura junto às raízes; c) protege as raízes superficiais da planta; e d) diminui a incidência de plantas invasoras (FILGUEIRA, 2003). Outro benefício da cobertura morta é a diminuição dos efeitos negativos das chuvas pesadas e das irrigações frequentes. Ajuda a controlar a erosão (hídrica ou eólica) e a manter a estrutura física do solo, prevenindo, assim, compactações (RONQUE, 1998). No entanto, o material palhoso é menos eficiente do que os materiais sintéticos no controle de plantas daninhas.

O material sintético atualmente mais utilizado para a cobertura do solo na cultura do morangueiro é o polietileno opaco preto, com 30 micras a 50 micras de espessura (STRASSBURGER et al., 2009). Os filmes de polietileno também ajudam a diminuir a lixiviação dos minerais no solo, tendo papel importante principalmente na manutenção de nitratos. Ademais, favorecendo o crescimento radicular pela manutenção da temperatura do solo em níveis mais elevados, eles possibilitam um crescimento mais vigoroso das plantas e aumentam a produtividade, entre outras vantagens (RONQUE, 1998).

## Colocação do túnel plástico nos canteiros

Os túneis baixos devem ter altura aproximada de 80 cm, com distância entre arcos de 2 m a 2,5 m. O diâmetro do arco, em ferro galvanizado, deve ser de 5 mm, coberto com polietileno transparente de baixa densidade, de 50 micras a 100 micras. As extremidades dos esteios sobre os quais serão acomodados os arcos devem ser acolchoadas com plásticos

(BOTTON et al., 2005). Também podem ser utilizados arcos de tubos de PVC de  $\frac{1}{2}$ " de diâmetro e 2 m de comprimento, enterrados a aproximadamente 30 cm de cada extremidade nas laterais do canteiro. O plástico deve ser aberto sobre o canteiro em dias ensolarados, para que o plástico dilate e, ao ser amarrado, fique bem esticado.

Depois de esticar e amarrar os túneis, um fio de ráfia deve ser amarrado em zigue-zague (Figura 6A), entre os arcos, para proporcionar resistência ao vento e evitar que os arcos fiquem soltos e danifiquem a parte aérea das plantas em contato com eles. Os fios de ráfia também podem ser amarrados ao lado do arco, transpassando nos dois sentidos (Figura 6B), e devem ser fixados por um gancho, colocado na base do arco.



Fotos: Luciano Piccolotto

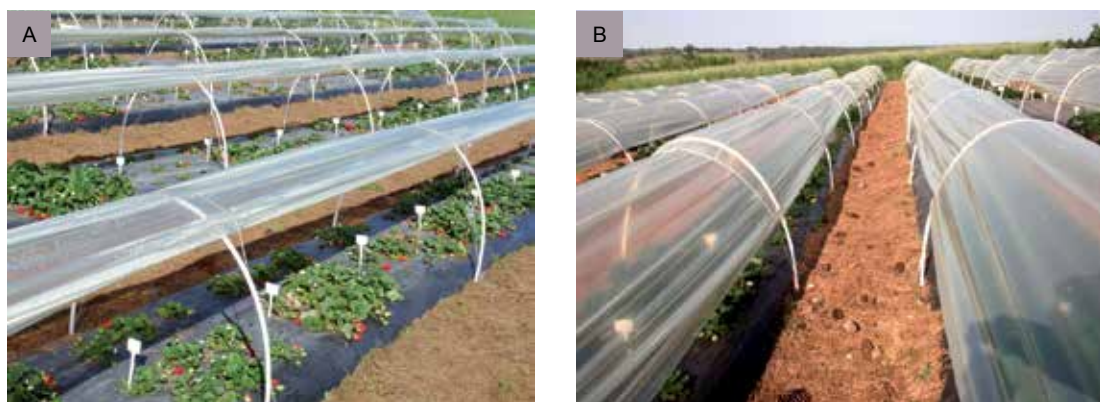
**Figura 6.** Formas de fixação do túnel plástico nos canteiros: em zigue-zague (A) ou ao lado do arco, transpassando nos dois sentidos (B).

## Manejo da cobertura dos canteiros

A abertura do túnel baixo depende das condições climáticas (temperatura, umidade, vento e radiação). Em dias ensolarados, deve ser realizada logo pela manhã, podendo ser total ou parcial. Ambas as laterais devem ser abertas de forma que toda a umidade seja eliminada (Figura 7). Em dias de ventos moderados, pode-se abrir apenas o lado oposto ao vento predominante. O fechamento dos túneis deve ser feito no final da tarde para aumentar o acúmulo térmico (STRASSBURGER et al., 2009).



Fotos: Luciano Picolotto



**Figura 7.** Manejo do túnel baixo no morangueiro conforme a condição climática: abertura nos dois lados em dias ensolarados (A) e fechamento em condições de chuva forte ou previsão de geada (B).

Outra questão importante sobre o manejo dos túneis é a polinização. Na cultura do morangueiro, ela é realizada principalmente pelas abelhas (STRASSBURGER et al., 2009). O acesso às flores pelos polinizadores deve ser facilitado abrindo os túneis já no período da manhã. Em locais onde a presença de abelhas não é expressiva, recomenda-se colocar colmeias próximo à lavoura. Essa prática, segundo Passos e Pires (1999), contribui para a produção de morangos bem formados. Se as colmeias não forem colocadas, o rendimento poderá ser reduzido de 10% a 15% e, em condições climáticas adversas, esses valores podem duplicar (MEDINA, 2008). Quanto maior o número de visitas, melhor será a polinização e, consequentemente, a qualidade das frutas (STRASSBURGER et al., 2009).

Quanto à orientação dos canteiros, se não for leste-oeste, o plástico deverá ser manejado de tal forma que não ocorra incidência direta dos raios solares sobre as frutas. Em condições de chuvas fortes, os túneis (baixos ou altos) e as estufas deverão ficar totalmente fechados, o que vai evitar o molhamento das plantas; e se houver previsão de formação de geada para o dia seguinte, os túneis deverão ser fechados com antecedência suficiente para acumular calor (BOTTON et al., 2005).

## Referências

ANTUNES, O. T.; CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; NIENOW, A. A.; CECCHETTI, D.; RIVA, E.; MARAN, R. E. Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 94-99, 2007.

ARANDA, J. M. L. The cultivation of the strawberry in Huelva. In: THE STRAWBERRY crop at huelva. [Sevilla]: Junta de Andalucía, 2008. p. 101-174.

BAMBERG, A. L.; TIM, L. C.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S.; NEBEL, A. L. C.; PANZIERA, W. Qualidade físico-hídrica do solo e a produção de morango. In: TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; REISSER JUNIOR, C.; ESTRELA, C. C. (Ed.).

**Morangueiro irrigado:** aspectos técnicos e ambientais do cultivo. Pelotas: Ed. Universidade Federal de Pelotas, 2009. p. 115-139.

BOTTON, M.; FORTES, J. F.; AMARO, M.; WEIHMANN, C. R.; GEBLER, L.; PAGOT, E.; SANHUEZA, R. M. V.; REISSER JUNIOR, C.; MELO, G. W. de; AMARANTE, C. V. T. do; SANTOS, H. P. dos; BERNARDI, J.; SIMON, N.; HOFFMANN, A.; FREIRE, J. de M.; ANTUNES, L. E. C.; UENO, B.; RÜCKER, P. A.; MENEGUZZO, A.; PAGNON, H. A.; MONEGAT, V.; GRASSIANI, M. A.; CALEGARIO, F. F.; DIDONÉ, T.; VARGAS, L.; RECH, V. J.; BLAUTH, L.; PASA, J.; BENDER, R. J.; PALOMBINI, M. C.; BORTOLOZZO, A. R.; CONTE, A.; PAIVA, M.; COUTINHO, E. F.; NICKEL, O.; CALGARO, A.; PROTAS, J. F. da. **Sistema de produção de morango para mesa na região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. (Embrapa Uva e Vinho. Sistemas de produção, 6).

DIAS, M. S. C.; SILVA, J. J. C.; PACHECO, D. D.; RIOS, S. D. A.; LANZA, F. E. Produção de morangos em regiões não tradicionais. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 24-36, 2007.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura:** agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2003. 412 p.

GOTO, R.; DUARTE FILHO, J. Utilização de plástico na cultura do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 59-64, 1999.

KOVALESKI, A.; BORTOLOZZO, A. R.; HOFFMANN, A.; CALEGARIO, F. F.; MELO, G. W. B. de; BERNARDI, J.; VARGAS, L.; PAGOT, M.; FERLA, N. J.; VALDEBENITO SANHUEZA, R. M.; PINENT, S. M. J. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. (Embrapa Uva e Vinho. Sistemas de produção, 15).

LIMA, M. A.; CALEGARIO, F. F. Morango: produção segura. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**, ano 9, n. 65, p. 24-25, 2011.

MADAIL, J. C. M.; ANTUNES, L. E.; BELARMINO, L. C.; SILVA, B. A. da; GARDIN, J. A. **Avaliação econômica dos sistemas de produção de morango:** convencional, integrado e orgânico. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado técnico, 181).

MEDEIROS, A. R. M. D.; SANTOS, A. M. D. Práticas culturais. In: ANTUNES, L. E. C. (Ed.). **Sistema de produção do morango.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de produção, 5).

MEDINA, J. L. **The new strawberry culture:** a second technological revolution. In: THE STRAWBERRY crop at huelva. [Sevilla]: Junta de Andalucía, 2008. p. 175-218.

PAGOT, E.; SANHUEZA, V. R. M.; REISSER JUNIOR, C.; MELO, G. W. de; SIMON, N.; RÜCKER, P. A.; MENEGUZZO, A.; GRASSIANI, M. A.; BLAUTH, L.; FREIRE, J. de M.; HOFFMANN, A.; CONTE, A.; PAIVA, M. Preparo da área para plantio. In: SISTEMA de produção de morango para mesa na região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. (Embrapa Uva e Vinho. Sistemas de produção, 6).

PASSOS, F. A.; PIRES, R. C. M. Técnicas culturais utilizadas na cultura do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 43-51, 1999.

PIRES, R. C. D. M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A.; AMBROSANO, G. M. B.; MINAMI, K. Profundidade efetiva do sistema radicular do morangueiro sob diferentes coberturas do solo e níveis de água. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 793-799, 2000.

PIRES, R. C. M.; PASSOS, F. A.; TANAKA, M. A. D. S. Irrigação no morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 52-58, 1999.

REISSER JUNIOR, C.; TAVARES, V. E. Q.; TIM, L. C.; ESTRELA, C. C.; ANTUNES, L. E. C.; CUNHA, N. G. Solo e manejo da água. In: TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; REISSER JUNIOR, C.; ESTRELA, C. C. (Ed.). **Morangueiro irrigado: aspectos técnicos e ambientais do cultivo**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2009. p. 51-91.

RONQUE, E. R. V. **A cultura do morangueiro**: revisão e prática. Curitiba: Emater- Paraná, 1998. 206 p.

SANTOS, A. M. D.; MEDEIROS, A. R. M. D. Implantação da cultura. In: ANTUNES, L. E. C. (Ed.). **Sistema de produção do morango**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de produção, 5).

STRASSBURGER, A. S.; MARTINS, D. de S.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E.; PEIL, R. M. N.; PHILIPSEN, L. C. Sistema de produção do morangueiro: fatores que influenciam o manejo da irrigação. In: TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; REISSER JUNIOR, C.; ESTRELA, C. C. (Ed.). **Morangueiro irrigado: aspectos técnicos e ambientais do cultivo**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2009. p. 30-50.

STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; SCHWENGBER, J. E.; MEDEIROS, C. A. B.; MARTINS, D. D. S.; SILVA, J. B. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 623-630, 2010.

CAPÍTULO

# 1 1

## Sistemas de produção fora de solo

Eunice Oliveira Calvete  
Rosiani Castoldi da Costa  
Heloísa Ferro Constâncio Mendonça  
Ana Paula Cecatto





## Introdução

A história dos cultivos sem solo está ligada aos descobrimentos da fisiologia vegetal. O primeiro autor que fez crescer plantas em meio líquido acrescido de certa quantidade de solo foi Woodward, na Inglaterra, em 1699. Posteriormente, foram excluídos todos os componentes do solo, que foram substituídos por uma solução nutritiva denominada *nutriculture*, pelo químico Sachs, em 1860, juntamente com Knop. A utilização com fins comerciais somente ocorreu em 1929, por W. F. Gericke (GAVILÁN, 2004). A partir de então, vêm crescendo os cultivos sem solo associados ao emprego de plásticos na agricultura (RESCH, 1997). Sua aplicação comercial é feita principalmente em solos cultivados em ambiente protegido, onde doenças e pragas impossibilitam o desenvolvimento de um determinado cultivo. No que concerne à cultura do morangueiro, sua maior utilização resulta principalmente da necessidade de substituição do brometo de metila, principalmente em regiões com grandes áreas de produção, como na Andaluzia-Huelva, Espanha, e na Califórnia, Estados Unidos. Também em regiões áridas e em superfícies perto do mar (áreas com solos salinos), a produção de cultivos hortícolas no solo torna-se praticamente inviável. Nessas regiões, a produção em cultivos hidropônicos (fora do solo) é uma alternativa viável para os agricultores.

A produção hidropônica tem crescido com maior ênfase nos países industrializados, especialmente com hortaliças. Avanços tecnológicos e restrições à produção no solo impuseram, nesses países, a produção fora do solo. Em países em desenvolvimento, há, porém, pouquíssima pesquisa e informação a respeito.

## Vantagens e desvantagens

De uma forma geral, o sistema de cultivo fora do solo apresenta diversas vantagens em comparação com o cultivo no solo, como: alta produtividade, consumo de combustível reduzido pela eliminação da preparação da área de plantio e melhor controle do crescimento das plantas, independentemente da qualidade do solo (VALLENCE et al., 2011 citado por LATIGUI et al., 2011), melhor qualidade da produção, controle da nutrição do cultivo e das enfermidades do solo (LOZANO; JIMÉNEZ, 2001). E traz também outros benefícios: homogeneidade do cultivo (meio radicial), redução do consumo de água por quilo de produção obtida, precocidade e racionalização do trabalho (CANOVAS MARTÍNEZ, 1999). Além disso, se

houver algum foco de infestação, o sistema poderá ser removido sem causar grandes perdas para a cultura ou contaminação de outras plantas (FURLANI; FERNANDEZ JÚNIOR, 2004).

Papasseit (2006) arrola os seguintes benefícios decorrentes do uso dessa tecnologia no cultivo de morangueiro:

- É a forma de cultivo com menor agressão ao meio ambiente.
- Permite o controle de água e nutrientes.
- É a mais eficaz tecnologia de controle de plantas.
- O controle dos resíduos (recirculação da solução nutritiva) faz dela uma tecnologia limpa.
- Dispensa a troca de áreas a cada cultivo ou a rotação de cultura.
- Representa opções de modernidade para o produtor, o comércio e os consumidores.

O cultivo fora do solo para o morangueiro dispensa, portanto, o uso de produtos de desinfecção do solo e reduz o uso de agrotóxicos. Como consequência, produz frutas com mais qualidade e menos contaminação. Ademais, graças ao seu emprego, há menos agressão ao meio ambiente, proporcionando, assim, maior facilidade de manejo da cultura (CALVETE et al., 2007). Os custos da sua instalação no Brasil são, porém, elevados, quando comparados aos do solo. Porém, à medida que essa tecnologia vai evoluindo, como já ocorre no Sul da Espanha, os custos também vão diminuindo (PAPASSEIT, 2006).

Ainda como desvantagens citam-se a produção de resíduos sólidos e a contaminação das drenagens (CANOVAS MARTÍNEZ, 1999). Talvez o maior desafio desse cultivo seja a necessidade do domínio dessa tecnologia, por parte de técnicos e agricultores. Nesse sentido, um dos principais determinantes da produção do sistema de cultivo fora do solo é a nutrição, ou seja, o controle da fertirrigação.

## Classificação

Dependendo do meio onde se desenvolvem as raízes, os sistemas de cultivo fora do solo podem classificar-se em três grupos: a) cultivo em substrato; b) cultivo em água; e c) cultivo aeropônico (DURÁN et al., 2000).

Segundo Gavilán (2004), a classificação segue os seguintes critérios básicos: a) o meio físico onde a raiz se desenvolve (substrato e em água); b) o método de administrar a solução nutritiva (aberto ou fechado); c) a forma de aeração da solução nutritiva; e d) a existência ou não da reciclagem ou recuperação da solução.

Os sistemas de cultivo podem ser classificados em:

- Sistemas hidropônicos propriamente ditos: são aqueles nos quais as raízes entram em contato direto com a água e os nutrientes. Há três meios de cultivos hidropônicos em meio líquido (*water culture*): *nutrient film technic* (NFT), *dynamic floating root* (DFR) e em bandejas flutuantes, que são usadas em sementeiras de fumo.
- Sistemas semi-hidropônicos: são aqueles nos quais o cultivo é feito em substrato sólido, inerte e poroso. Em regiões onde o cultivo fora do solo é importante, como na Espanha (Andaluzia, Múrcia, Valência, Barcelona, Ilhas Canárias), existem diversos materiais e formas para compor um substrato a ser implantado nesse cultivo.
- Sistemas aeropônicos: são aqueles em que as raízes entram em contato com a solução nutritiva em forma de suspensão pulverizada, mediante nebulizadores ou aspersores.

Neste último sistema, as raízes crescem no escuro, passando a maior parte delas expostas ao ar, de onde surgiu o nome “aeroponia”. No interior dos cilindros, passa um tubo, onde é distribuída a solução nutritiva, mediante pulverizações de média a baixa pressão. A principal vantagem desse sistema é a aeração que o sistema proporciona às raízes. Já as desvantagens são o alto custo de instalação e a obstrução dos gotejadores de pulverização, que ocorre principalmente quando não há pressão suficiente ou a instalação é inadequada.

Atualmente, existem modelos aeropônicos bem modernos, como o sistema comercial desenvolvido em Israel por um grupo de pesquisadores da Agricultural Research Organisation, denominado *ein-gedi system* (EGS) (DURÁN et al., 2000). Trata-se de um sistema aero-hidropônico que consiste em mergulhar as raízes em uma solução nutritiva que está constantemente em circulação. Uma solução nutritiva é pulverizada na parte de cima das raízes, projetando ar a alta pressão, em posição oposta à solução nutritiva circulante. Dessa forma, uma parte das raízes tem contato direto com a solução recirculante, enquanto a outra fica bem aerada.

Na Austrália, estão em uso novos sistemas comerciais, como o *schwalbach system* (SS), que consiste em um tanque plástico, com capacidade de 200 L, de onde, através de uma

bomba, é distribuída a solução nutritiva para uma câmara escura de crescimento, onde se encontram as raízes. Nesse país, a última inovação tecnológica recebeu o nome de *aero-gro system* (AGS). Esse sistema se difere dos demais porque incorpora tecnologia ultrassônica. A solução nutritiva é projetada sobre as raízes, em gotas finas, e, nessa operação, não há problemas de obstrução dos bicos dos pulverizadores. A aeroponia está sendo usada com êxito na propagação de plantas, na multiplicação de estacas de espécies herbáceas (crisântemos) e lenhosas (ficus), de difícil enraizamento (DURÁN et al., 2000).

O sistema *new growing system* (NGS) é um cultivo desenvolvido e implantado na Almeria, Espanha. Consiste em um recipiente ("canaleta") formado por várias camadas de filme plástico (polietileno), suspenso a uma altura de 20 cm a 40 cm do solo, por meio de arames. As plantas, enraizadas em substrato em espaçamento que varia de 40 cm a 50 cm, são plantadas no recipiente superior. As raízes, orientadas pela corrente de água que alimenta os gotejadores (de  $4 \text{ L h}^{-1}$  a  $8 \text{ L h}^{-1}$ ), distribuídos à razão de um gotejador por planta, vão passando de um recipiente para outro através de fendas na lâmina de polietileno, até chegar ao último, que atua como coletor. A solução nutritiva, impulsionada por uma bomba de baixa pressão (de  $2 \text{ kg cm}^{-2}$  a  $4 \text{ kg cm}^{-2}$ ), é distribuída através de tubos gotejadores, que, dependendo da situação, podem passar por uma das camadas das raízes, com a finalidade de aquecer ou resfriar o ambiente.

## Tipos de cultivo

No Brasil, os tipos de sistemas de produção fora do solo mais empregados para o cultivo do morangueiro são em substratos e em água, descritos a seguir.

### Semi-hidropônico

Nesse sistema, usa-se o substrato que inclui todos aqueles métodos e sistemas que fazem crescer a planta fora de seu ambiente natural: o solo (GAVILÁN, 2004; KÄMPF; JUNG, 1991). Os cultivos semi-hidropônicos representam uma alternativa à cultura convencional, na obtenção de produtos de maior qualidade, mais uniformes, com maior produtividade, menor custo de mão de obra, menor gasto de água, e menos insumos agrícolas, além de preservarem o meio ambiente (ANDRIOLO, 1999). Os substratos, além de serem utilizados para a produção de mudas, também são empregados para o cultivo fora do solo, propiciando significativos aumentos na produção, em menor tempo e com mais qualidade.

Quando se utiliza o sistema semi-hidropônico, é importante conhecer o material que está sendo utilizado como substrato agrícola, através das suas propriedades físicas e químicas, para poder adaptá-las às diferentes circunstâncias de uso (VERDONCK et al., 1981). Entre as características físicas importantes na determinação da qualidade de um substrato destacam-se: a) densidade (relação entre massa e volume da amostra); b) porosidade total (razão da diferença entre o volume total e o volume de sólidos em dado volume de um substrato hortícola) (JUNGK, 1975); c) espaço de aeração (volume de ar presente no substrato saturado após a drenagem, submetida à força de sucção de uma coluna de água de 10 cm de altura) (BOODT; VERDONCK, 1972); e d) retenção de água a baixas tensões de pressão de sucção. O volume de água liberado entre 10 cm e 100 cm de pressão de sucção é considerado como o volume de água disponível. Esse compreende a água facilmente disponível (de 10 cm a 50 cm), a água tamponante ou de reserva (de 50 cm e 100 cm) (BOODT; VERDONCK, 1972) e a água dos microporos ou remanescente (permanece no substrato após a drenagem sob pressão de sucção de 100 cm).

Muitos autores descrevem os valores ideais para as características físicas dos substratos. Grolli (1991) organizou uma tabela em que comparou os valores considerados ótimos na literatura, os quais estão apresentados na Tabela 1.

Existem variações entre os valores considerados ideais, que vão de  $170 \text{ kg m}^{-3}$  a  $1.000 \text{ kg m}^{-3}$  para a característica densidade, de  $0,80 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  a  $0,90 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para a porosidade total, de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  a  $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para o espaço de aeração, e de  $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  a  $0,80 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$

**Tabela 1.** Referências bibliográficas sobre valores ideais para características físicas de um substrato hortícola.

Densidade seca ( $\text{kg m}^{-3}$ )	Porosidade total ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Espaço de aeração ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Retenção de água a -100 cm $\text{H}_2\text{O}$ ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Referência
350–500	-	0,10–0,20	-	Conover (1967)
400–1.000	0,85	0,20–0,30	0,20–0,30	Boodt e Verdonck (1972)
400–500	-	0,10–0,15	-	Bunt (1973)
-	-	0,20–0,30	-	Goh e Haynes (1977)
-	-	0,30–0,40	0,40–0,50	Verdonck et al. (1981)
-	-	0,30–0,40	0,40–0,50	Penningsfeld (1983)
-	0,85	0,20	0,55–0,80	Boertje (1984)
170–190	0,80–0,90	0,10–0,15	0,25–0,30	Verdonck e Gabriels (1988)

Fonte: Grolli (1991).

para a retenção de água do substrato. No entanto, a escolha do melhor substrato vai depender da espécie que será cultivada, do ambiente (protegido ou no campo), do recipiente, do manejo e da forma de propagação e/ou de cultivo.

Entre as características físicas, a aeração e o volume de água retido podem ser considerados como os de maior importância para o substrato hortícola. Plantas crescidas em materiais bem aerados desenvolvem pelos radiciais finos e com raízes ramificadas. Por sua vez, a disponibilidade de água do substrato tem grande influência sobre a fisiologia e a produção vegetal (AGUILA SANCHO, 1988).

Entre as características químicas mais importantes encontram-se: o valor do pH, o teor total de sais solúveis (TTSS) e a capacidade de troca de cátions (CTC). O valor do pH determina a acidez relativa de uma substância ou de uma mistura. Segundo Waller e Wilson (1983), o pH corresponde ao critério químico de maior importância para o crescimento das plantas. Penningsfeld e Kurzmann (1975) recomendam, para o cultivo de hortaliças, valores de pH (KCl) que variam de 5,0 a 5,8. A salinidade ou teor total de sais solúveis (TTSS) de um substrato é a fração de constituintes inorgânicos dissolvidos na água. Sua determinação baseia-se no fato de que íons dissolvidos na solução do substrato conduzem uma corrente elétrica na proporção direta da concentração presente. Portanto, altas concentrações salinas geralmente restringem o crescimento vegetal e reduzem a produção. Segundo Penningsfeld (1983), materiais com valor de TTSS até 1 g de sais por litro de substrato podem ser utilizados para a produção de qualquer espécie. Capacidade de troca de cátions consiste na soma de cátions trocáveis de um solo ou substrato. Para Conover (1967), altos valores de CTC reduzem a lixiviação dos nutrientes e aumentam a capacidade de tamponamento, prevenindo amplas variações no pH e a disponibilidade de nutrientes. O mesmo autor considera satisfatórios valores de CTC entre 10 meq e 30 meq por 100 g de matéria seca. Verdonck et al. (1981) estabeleceram como ideal um substrato com CTC superior a 12 meq/100 mL.

Outro aspecto importante a considerar são os materiais utilizados na composição dos substratos, que podem ser minerais (de origem natural ou artificial) e orgânicos. Entre os materiais minerais encontram-se: solo mineral, areia, vermiculita, perlita, cinasita e lã de rocha. Entre os materiais orgânicos citam-se: turfas, casca de arroz, fibra de coco, resíduos de fabricação da madeira e composto de lixo domiciliar.

Entre os materiais de origem orgânica destaca-se a turfa, por apresentar características físicas apropriadas ao cultivo hortícola. Turfa é o termo aplicado a solos de origem orgânica, formados por restos de plantas em ambiente anaeróbico. As turfas destacam-se



pela grande capacidade de retenção de água, além de liberá-la de forma homogênea nas diferentes tensões. Outro material bastante utilizado na composição de substratos é a casca de arroz carbonizada, principalmente visando ao enraizamento de estacas. Segundo Kämpf e Jung (1991), o emprego de casca de arroz carbonizada (CAC) confere ao substrato alta capacidade de aeração, alta porosidade total, pH próximo ao neutro e baixo volume de água retido nos microporos (cerca de  $0,09 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  de água em 100 cm de tensão de coluna de água). A casca de arroz in natura pode ser utilizada como combustível de aquecimento na fabricação de cerâmica ou na parboilização do arroz. Desse processo resulta a casca de arroz queimada (CAQ), que se diferencia da CAC por apresentar partículas menores com presença de cinzas, resultando em maior conteúdo de sólidos por volume de material (GAULAND, 1997) e também em maior retenção de água.

É necessário dar atenção à utilização dos materiais que compõem os substratos, que, de preferência, devem ser abundantes na região, ter baixo custo e não agredir o meio ambiente. Da mesma forma, deve ser dada atenção à elaboração desses materiais, pois, para não comprometer a produção de uma cultura, é necessário conhecer as características físicas e químicas do substrato e, assim, definir o manejo a ser empregado.

A Espanha vem diminuindo a utilização da lâ de rocha como principal material de cultivo fora do solo. Esse material, embora seja oriundo de rochas basálticas extraídas de forma mecânica, apresenta alta toxicidade para o meio ambiente. Por isso, alternativas em relação a esse meio de crescimento têm sido investigadas por diversos autores. Substratos com misturas de derivados de oliveira e vermiculita nas proporções 100:00, 90:10, 80:20 e 70:30 foram testados por Latigui et al. (2011). O estudo estruturou-se no comportamento das plantas com base na evolução do pH após a drenagem. As plantas produzidas nas duas primeiras proporções de substratos apresentaram melhores resultados e boas condições para as raízes absorverem os nutrientes.

O efeito do substrato sobre a qualidade das plantas de morangueiro foi determinado em casa de vegetação, utilizando-se casca de pinheiro e fibra de coco (1:1 v/v), carvão marrom mais lâ de rocha desintegrada (2:1 v/v) e em blocos de lâ de rocha, nas cultivares Elsanta e Honeoye. O substrato com o qual as plantas apresentaram maior desempenho produtivo foi aquele composto por turfa mais lâ de rocha, que proporcionou maior diâmetro da coroa e maior número de folhas nas plantas.

Os materiais podem ser acondicionados em diferentes recipientes, como sacos de polietileno de baixa densidade, vasos e canaletas.



O cultivo fora do solo em substrato pode ser conduzido de várias formas: em sistema solteiro (em sacolas fixadas ao nível do solo, na horizontal, sob bancadas e na vertical) e em sistema de consórcio. A seguir, são descritos esses sistemas.

## **Sistema solteiro**

### **Na horizontal**

#### **Sacolas fixadas ao nível do solo**

O cultivo fora do solo na cultura do morangueiro vem sendo utilizado juntamente com a tecnologia do ambiente protegido. Uma das razões de adotar essas duas técnicas diz respeito ao mercado atual, que apresenta demanda pela produção precoce e fora de safra, pois se permite a antecipação do início da colheita e ainda se incrementa o rendimento por área (CALVETE et al., 2007). O cultivo em substrato no morangueiro permite ainda aumentar a densidade de plantas e a produtividade, reduzindo os custos da área de cultivo (COSTA et al., 2010; LIETEN et al., 1993; MENDONÇA et al., 2010). Entretanto, uma das dificuldades identificadas pelos produtores na mudança do cultivo tradicional para o fora do solo é o preparo e o manejo da solução nutritiva. O controle frequente da condutividade elétrica (CE) e do pH exige equipamentos adequados e mão de obra qualificada. Os cultivos fora do solo atualmente em uso no Brasil são sistemas abertos, em que a solução nutritiva passa por todas as plantas, e o que não é utilizado por essas e pelo substrato é livremente drenado (ANDRIOLO et al., 2009; FURLANI; FERNANDES JUNIOR, 2004).

Nesse sistema de produção em sacolas ao nível do solo, é possível conduzir as mudas em recipientes confeccionados com plástico (PEBD) tubular branco de 150 micra e aditivo anti-UV e de 1 m ou 0,5 m de comprimento (Figura 1). A irrigação é feita por gotejamento localizado no interior das sacolas ou sobre elas, em forma de aranhas. Entretanto, outros recipientes podem ser utilizados, como vasos e calhas.

A identificação do ciclo de uma cultivar é determinada por pesquisas que envolvem desde a emissão de folhas (filocrono) até o final da colheita. Mendonça (2011), em trabalho que ilustra as diferenças de ciclos entre as cultivares, mostrou que a cultivar Earlibrite nesse sistema é mais tardia do que a Florida Festival (Figuras 2 e 3). Os resultados foram obtidos em ambientes com temperaturas médias de 15 °C, máximas de 23 °C e mínimas de 8 °C.

Foto: Heloisa F. C. Mendonça



Foto: Eunice O. Calvete



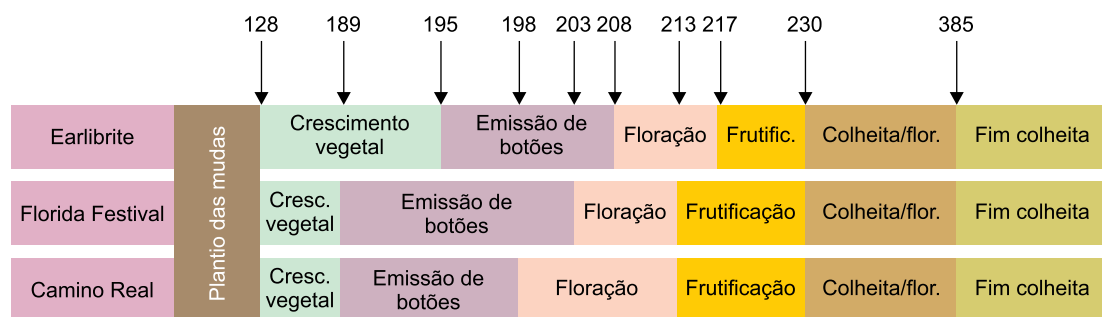
Foto: Heloisa F. C. Mendonça



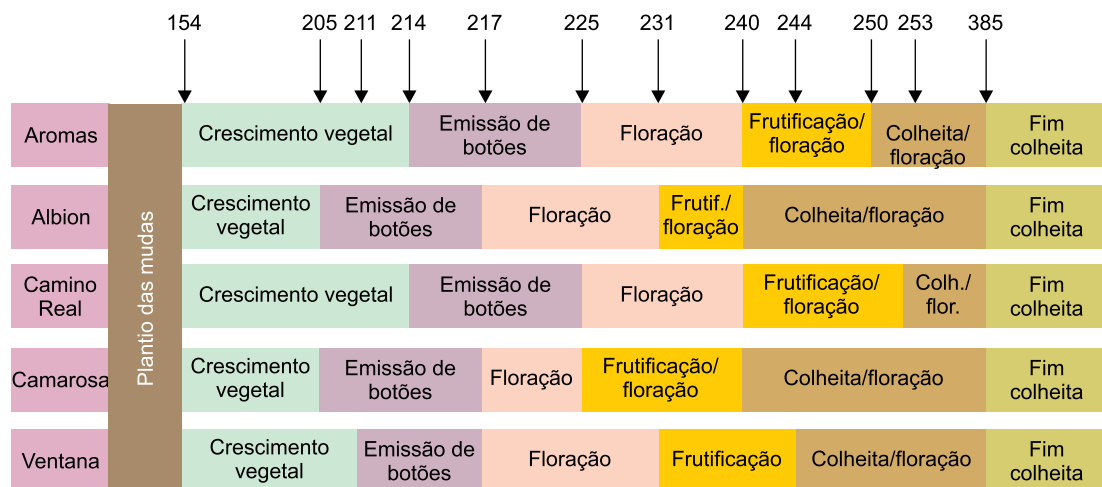
Foto: Eunice O. Calvete



**Figura 1.** Cultivo de morangueiro em substrato sob ambiente protegido, na Faculdade de Agronomia da Universidade de Passo Fundo, RS.



**Figura 2.** Estádio fenológico em cultivares de morangueiro de mudas multiplicadas na Argentina e no sistema de cultivo em substrato, do plantio das mudas até o final da colheita, conforme o calendário juliano, ciclo 2009/2010.



**Figura 3.** Estádio fenológico em cultivares de morangueiro oriundas de mudas multiplicadas no Chile e no sistema de cultivo em substrato, do plantio das mudas até o final da colheita, conforme o calendário juliano, ciclo 2009/2010.

Entre as cultivares Earlibrite, Florida Festival e Camino Real, oriundas de mudas de viveiros argentinos, Camino Real apresentou a maior porcentagem de frutas classificadas como comerciais (maiores que 6 g) (Tabela 2).

Em experimento realizado entre 2010 e 2011, na Universidade de Passo Fundo, RS, com a utilização de sacolas sobre o solo, ou seja, em sistema de cultivo solteiro, foram avaliadas diversas cultivares quanto à produção. Destacou-se a cultivar Florida Festival, seguida das cultivares Camarosa, Portola e Camino Real. A cultivar Camarosa apresentou o maior índice de frutas deformadas.

**Tabela 2.** Número e massa fresca de frutas por planta e porcentagem de frutas comerciais de três cultivares de morangueiro no sistema de cultivo em substrato, em ambiente protegido. Passo Fundo, RS, ciclo 2009/2010.

Cultivar	Número de frutas por planta		Frutas comerciais (%)	Massa fresca (g) de frutas por planta	
	Total	Número de frutas comerciais		Total	Frutas comerciais
Earlibrite	39,6 <sup>ns</sup>	32,2 <sup>ns</sup>	81,1b	500,9 <sup>ns</sup>	458,4 <sup>ns</sup>
Florida Festival	53,6	45,9	85,7ab	629,2	589,6
Camino Real	36,9	33,0	90,4a	518,7	497,1
Média	43,3	37	85,7	549,6	515
CV (%)	20,3	19,4	2,6	27,5	26,9

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem pelo teste Tukey HSD. <sup>ns</sup> = não significativo pela análise de variância.

No mesmo estudo, observou-se que os picos da produção de morangos nesse sistema, independentemente da cultivar, deram-se nos meses de novembro e janeiro, quando, então, foram escolhidas aproximadamente entre 660 g e 740 g de frutas por planta, respectivamente.

A qualidade de frutas é outro atributo importante a ser analisado quando há um novo cultivo agrícola; entretanto, é de difícil definição, por ser variável entre os produtos e até mesmo em um produto isolado, pois depende do objetivo de sua utilização. Nesses termos, os requisitos de qualidade relacionam-se com o mercado de destino, ou seja, armazenamento, consumo in natura e processamento. O consumidor, que tem papel preponderante nesse processo, costuma utilizar um julgamento subjetivo para avaliar a qualidade e a aceitação do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A caracterização física e química das frutas é de grande importância quando se estuda o comportamento de cultivares em uma determinada região, pois essa permite obter informações sobre a qualidade do produto final. Os atributos de qualidade que devem ser avaliados nos morangos são: aparência (tamanho, forma e defeitos) (Figura 4), sabor e odor (*flavor*), relação açúcar/acidez, cor, textura e valor nutritivo. A maioria desses atributos sofre modificações em fase de pós-colheita (CHITARRA, 1999).

Um dos parâmetros usados como indicador da qualidade das frutas é o teor de sólidos solúveis. Os açúcares solúveis presentes nas frutas, na forma livre ou combinada, são





**Figura 4.** Maturação em frutas de morangueiro das cultivares Monterey (A), Florida Festival (B) e Camino Real (C).

responsáveis pela doçura, por meio do balanço com ácidos, pela cor atrativa e pela textura. O teor de sólidos solúveis totais é determinado por meio de refratômetro, que expressa os resultados em °Brix pela mensuração do índice refractométrico do suco das frutas. Os principais açúcares presentes nas frutas são a glicose, a sacarose e a frutose (CHITARRA; CHITARRA, 2005). À medida que a maturação do fruto avança, aumentam os teores de açúcares em virtude da transformação do amido em açúcares simples (glicose e frutose) (GIARDI et al., 2002).

O *flavor*, ou sabor, é condicionado, no caso de morangos, principalmente pela relação de ácidos orgânicos e teor de açúcares. Os ácidos são responsáveis pela regulação do pH celular, influenciando diretamente na formação dos pigmentos, entre eles as antocianinas, responsáveis pela coloração vermelho-intensa das frutas. No entanto, o teor de açúcares nas frutas está relacionado com a intensidade de luz incidente na planta e não depende nem da temperatura nem do fotoperíodo.

As amostras para coloração das frutas são efetuadas apenas nas comerciais, em três pontos distintos, na região equatorial. O equipamento utilizado para essa determinação é um espectrofotômetro de refletância difusa, que fornece valores para  $L^*$  (luminosidade, variando entre zero, que corresponde a preto, e 100, que corresponde a branco),  $a^*$  (de verde até vermelho) e  $b^*$  (de azul até amarelo). Esses valores são usados para calcular graus de ângulo de Hue ( $h^\circ = \arctan [b^*/a^*]$ , em que  $0^\circ$  = vermelho-roxo;  $90^\circ$  = amarelo;  $180^\circ$  = verde-azulado;  $270^\circ$  = azul); e para o croma ( $C^* = [a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$ , indicativo da intensidade ou saturação da coloração).

Entre as cultivares produzidas em 2009/2010 nas condições de Passo Fundo (Tabela 3), Earlibrite destacou-se por apresentar melhores atributos de qualidade, como brilho, intensidade e coloração das frutas. A cultivar Florida Festival difere-se da Earlibrite por apresentar menor tonalidade de coloração. Entre as cultivares apresentadas na Tabela 4, a Camarosa e a Ventana apresentaram uma cor vermelha de maior intensidade. As demais têm características semelhantes no que concerne a luminosidade, croma e Hue.

A Tabela 5 mostra dados de qualidade de frutas de diferentes cultivares que foram analisadas nos anos 2010/2011. O teor médio de açúcar foi abaixo do que atualmente é identificado em cultivares de morangueiro (entre 8 °Brix e 9 °Brix). Os teores referentes

**Tabela 3.** Coloração externa das frutas de três cultivares de morangueiro no cultivo em substrato. Passo Fundo, RS, ciclo 2009/2010.

Cultivar	Atributos da coloração		
	Luminosidade (L*)	Intensidade (croma)	Coloração (Hue)
Earlibrite	28,67 ± 2,23a	45,67 ± 4,00a	37,07 ± 3,37a
Florida Festival	27,45 ± 2,38a	42,60 ± 4,18ab	35,08 ± 3,16b
Camino Real	22,57 ± 2,93b	39,48 ± 3,36b	29,74 ± 2,35c
CV (%)	2,7	3,8	1,5

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 4.** Coloração externa das frutas de cinco cultivares de morangueiro no cultivo em substrato. Passo Fundo, RS, ciclo 2009/2010.

Cultivar	Atributos da coloração		
	Luminosidade (L*)	Intensidade (croma)	Coloração (Hue)
Aromas	23,01 ± 2,69 <sup>ns</sup>	38,66 ± 5,24b	28,88 ± 4,89 <sup>ns</sup>
Albion	23,96 ± 2,16	40,12 ± 3,91ab	30,47 ± 2,45
Camino Real	22,41 ± 2,35	39,02 ± 5,39b	28,18 ± 2,60
Camarosa	23,53 ± 3,35	41,88 ± 4,72a	30,25 ± 3,49
Ventana	24,72 ± 1,51	41,99 ± 3,06a	30,75 ± 1,99
Média	23,52	40,33	29,70
CV%	4,8	2,9	4,2

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

<sup>ns</sup> = não significativo.

**Tabela 5.** Diâmetro médio, pH, teor de sólidos solúveis (SST), acidez total titulável (ATT) e relação entre SST/ATT de frutas de sete cultivares de morangueiro no cultivo solteiro em ambiente produtivo. Passo Fundo, RS, setembro/2010 a janeiro/2011.

Cultivar	Diâmetro médio das frutas (mm)	pH	SST (°Brix)	ATT (% ácido cítrico)	Relação (SST/ATT)
Camarosa	28	2,99	7,16	0,94	7,62
Florida Festival	27	2,94	7,32	0,72	10,17
San Andreas	31	2,84	6,96	0,76	9,16
Monterey	30	2,98	6,73	0,72	9,35
Portola	29	2,99	6,62	0,61	10,85
Ventana	29	3,05	6,90	0,68	10,15
Camino Real	25	2,70	6,00	0,65	9,23

ao pH das frutas foram muito mais baixos do que os encontrados por Calvete et al. (2008) em frutas produzidas no solo (5,3) e em sacolas horizontais (5,4), indicando que as frutas possuem sabor bastante ácido, principalmente nas cultivares Camino Real e San Andreas.

O diâmetro das frutas é utilizado na classificação do morango pela Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (2006) por meio do Regulamento Técnico do Mercosul de Identidade e Qualidade de Morango nº 85/1996 (CANTILLANO, 2003). Segundo esse regulamento, os morangos classificados como classe 1 devem ser maiores que 2,5 mm (maior diâmetro transversal).

Todas as cultivares testadas no trabalho relatado apresentaram valores bem acima daqueles descritos no regulamento, destacando-se as cultivares San Andreas e Monterey, com diâmetros de 31 mm e 30 mm, respectivamente.

Segundo Krolow e Schwengber (2007), a relação entre açúcar e acidez titulável é o parâmetro considerado mais importante no que diz respeito à qualidade de frutas, pois essa relação confere a elas melhor equilíbrio entre o doce e o ácido, proporcionando sabor mais agradável e tornando-as, assim, mais atrativas. A Tabela 5 mostra que as cultivares Camarosa, San Andreas, Camino Real e Monterey têm a menor relação SST/ATT em virtude dos baixos níveis de acidez titulável.

Comparando os resultados com os encontrados por Mendonça (2011), observa-se que o cultivo no período de 2010/2011 apresentou, em todos os atributos, valores inferiores. Durante o cultivo de 2009/2010, a média para a cultivar Florida Festival

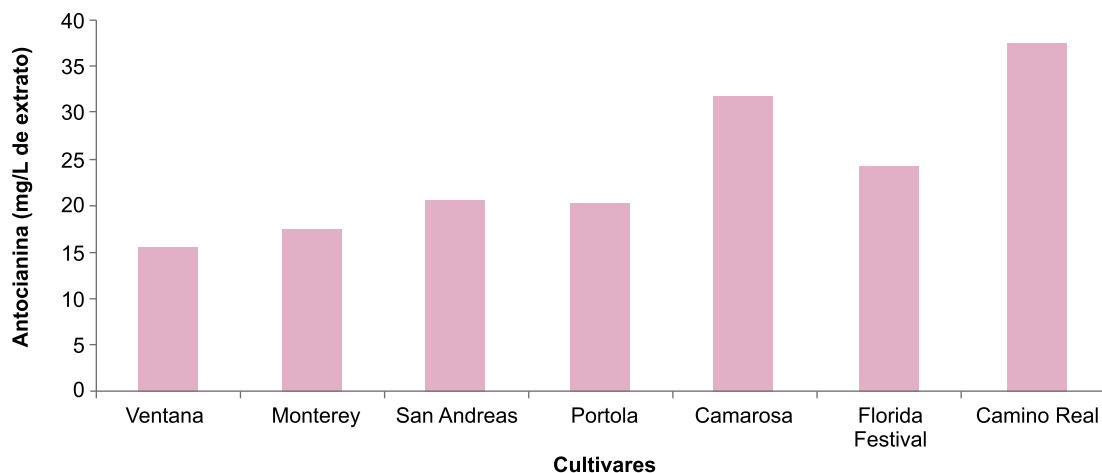


foi de 32,57 mm de diâmetro, pH 3,15 e 7,96 °Brix; para a Camino Real, o diâmetro médio foi de 33 mm, pH 3,16 e 8,07 °Brix; para a Camarosa, diâmetro médio de 31,60 mm, pH 3,17 e 8,64 °Brix; e para a Ventana, diâmetro médio de 31,19 mm, pH 3,16 e 8,79 °Brix. Vários fatores podem influenciar o sabor e o aroma de um produto agrícola, tais como a cultivar utilizada, o ano climático e o manejo da cultura.

Com relação à qualidade nutricional e funcional das frutas do morango, destacam-se os compostos fenólicos. Rocha et al. (2008) atentam para a ação antioxidante desses compostos, sua capacidade de reduzir a suscetibilidade a infecções, seu efeito diurético e sua atividade anti-inflamatória em reumatismo e gota. Esses compostos raramente são encontrados na forma livre, podendo estar ligados a proteínas, lipídeos, terpenoides, ácido hidroxicinâmico e carboidratos, e podem formar ésteres com ácidos orgânicos (ROCHA et al., 2008). Os compostos fenólicos agem também como antioxidantes naturais, têm atividade anticarcinogênica, ação bactericida e fungicida e previnem doenças coronarianas (CURTI, 2003).

A Figura 5 mostra os teores de antocianinas no cultivo em substrato nos anos de 2010/2011, segundo a metodologia descrita por Giusti e Wrolstad (2001). Observa-se que os maiores teores encontram-se nas cultivares Camino Real, Florida Festival e Camarosa. Em estudo realizado por Costa (2009) com as cultivares Camarosa e Oso Grande, teores em torno de 22,42 mg de cianidina 3-glicosídeo/100 g de frutas frescas foram encontrados na Oso Grande, embora cultivadas no solo.

Vários trabalhos foram realizados com morango com o objetivo de quantificar esses compostos, benéficos ao organismo. No cultivo em substrato, Bordignon Junior (2008) analisou esses compostos em sistemas fora do solo e convencional. O trabalho concluiu que a cultivar Oso Grande produzida no sistema convencional produz maior teor de antocianinas do que no outro sistema. É importante ressaltar que a variação nos conteúdos de fenólicos dentro de uma espécie ocorre principalmente em virtude das diferenças entre cultivares, das condições edafoclimáticas (PINELLI, 2009) e também do manejo e do sistema de cultivo. Segundo Wang e Lin (2000), os teores de antocianina em morangos aumentam com a maturação da fruta, passando de 2 µg/g em frutas pequenas e verdes, para 389 µg/g em frutas maduras. Kalt et al. (1999) demonstraram que o teor de antocianinas de morangos aumentou durante 8 dias de armazenamento. A magnitude da mudança foi dependente da temperatura, aumentando 1,7 vez a 0 °C e 6,8 vezes a 30 °C. Gil et al. (1997) descobriram que o armazenamento em atmosfera enriquecida de CO<sub>2</sub> diminuiu o teor de antocianinas de morangos, particularmente em tecidos internos. Já Giusti e Wrolstad (2001) relataram



**Figura 5.** Média dos teores de antocianinas nas diferentes cultivares produzidas em sistema solteiro, em Passo Fundo, RS, de setembro/2010 a janeiro/2011.

que o conteúdo de antocianinas em sucos de frutas ou vegetais normalmente varia de 50 mg L<sup>-1</sup> a 500 mg L<sup>-1</sup>.

### Sacolas dispostas em bancadas

No Rio Grande do Sul, o cultivo em bancadas está bastante difundido, principalmente na Serra Gaúcha. O sistema semi-hidropônico tanto utiliza prateleiras com diferentes níveis de altura (seis, cinco, três e dois níveis) quanto bancadas com nível e altura de 1 m do solo. Nesse sistema, as bancadas em nível são feitas de madeira, dispostas sobre palanques de sustentação, situadas a 1 m do solo, espaçadas entre si em 3 m (vão de 3 m). Essa estrutura sustenta as embalagens com os substratos e o sistema de irrigação. Entre as bancadas, deve haver um espaço que permita manejos, tratos culturais e colheita, na distância de pelo menos 0,8 m. Também se deve deixar um espaço de 1 m para circulação, no início e no final da estufa agrícola. O sistema de bancadas oferece distribuição de energia solar mais uniforme às plantas, o que pode dar um excelente sabor às frutas, quando maduras (BORTOLOZZO et al., 2005).

O substrato mais empregado é a casca de arroz carbonizada isolada ou em misturas com diferentes materiais, acondicionada em sacos de polietileno branco. Segundo Bortolozzo et al. (2005), embalagens para o acondicionamento do substrato podem variar quanto ao tamanho e, conseqüentemente, quanto ao número de plantas. Os tamanhos mais utilizados são de 0,3 m x 1 m e 0,3 m x 0,35 m, para comportar oito e quatro plantas,

respectivamente. As embalagens, quando a irrigação é por microgotejamento, possuem as seguintes dimensões: 0,3 m x 0,35 m x 0,10 m. O volume de substrato que cada embalagem acondiciona é de aproximadamente 8 L (ou  $0,008 \text{ m}^3$ ). Nessas embalagens, é possível plantar quatro mudas de morangueiro. O espaçamento entre as embalagens, quando dispostas sobre a bancada, deve ser de 0,2 m. A drenagem ocorre na parte inferior, onde são feitos furos para o escoamento dos lixiviados (sistema aberto).

Também podem ser utilizadas sacolas com 1,0 m de comprimento por 0,30 m de largura, suspensas horizontalmente por uma bancada de madeira com altura de 1,20 m, onde são dispostas oito mudas por recipiente, no espaçamento de 0,15 m x 0,15 m (Figura 6). A irrigação é feita com mangueira rígida gotejadora, que atravessa internamente as sacolas que acondicionam o substrato, com espaçamento entre os gotejadores de 0,15 m (COSTA et al., 2010).

Para que uma planta atinja o estágio reprodutivo, ocorre uma série de transformações durante seu desenvolvimento. Durante a etapa vegetativa, os me-

ristemas apicais, por sua atividade mitótica, seguida dos processos de alongação celular e diferenciação, vão determinar os pontos de crescimento vegetativo. Já na etapa reprodutiva (floração), ocorre a diferenciação do meristema vegetativo para o floral, originando os componentes da flor (pétalas, estames e pistilo), em vez dos órgãos vegetativos (folhas, caule e estolhos) (DUARTE FILHO et al., 1999).

No cultivo para a produção de frutas de morangueiro, a fase vegetativa é verificada logo após o transplante das mudas. Se as mudas utilizadas não são oriundas do processo de vernalização, o plantio é realizado de fevereiro a junho, de acordo com a região. Caso



Foto: Rosiani Castoldi da Costa

**Figura 6.** Cultivo do morangueiro cultivar Albion sobre bancadas, na Universidade de Passo Fundo.

sejam mudas vernalizadas, o plantio é realizado mais tarde, podendo ser efetuado entre julho e setembro. No Brasil, mudas frigo são raramente utilizadas.

Para o plantio de morangueiro, são utilizadas cultivares de dias curtos ou de dias neutros. No Brasil, predominam as de fotoperíodo curto; porém, nos últimos anos, cultivares neutras ganharam espaço por não dependerem de fotoperíodo e por permitirem produção na entressafra, principalmente quando cultivadas em ambiente protegido, garantindo, assim, maior rentabilidade ao produtor.

Com o intuito de avaliar o desenvolvimento fenológico, a produção e a qualidade de frutas da cultivar Albion (de dia neutro, vernalizada e fresca), um experimento foi conduzido em substrato sobre bancada, na Universidade de Passo Fundo (Figura 7). As mudas foram provenientes de viveiros localizados na região produtora do Chile e plantadas em sacolas preenchidas com misturas contendo casca de arroz carbonizada (CAC) e substrato comercial em diferentes proporções (100% CAC; 75% CAC + 25%  $H_2^{\circ}$ ; 50% CAC + 50%  $H_2^{\circ}$ ; 25% CAC + 75%  $H_2^{\circ}$ ; e 100%  $H_2^{\circ}$ ). Em cada sacola foram transplantadas oito plantas (COSTA, 2012).

Fotos: Rosiani Castoldi da Costa



**Figura 7.** Detalhes do sistema de cultivo sem solo, em bancadas.

As avaliações de fenologia constaram de anotações referentes a data de plantio, início de floração, início e final de colheita, como apresentado na Tabela 6. As mudas vernalizadas foram plantadas em agosto. Para essas, o início da floração verificou-se 11 dias após o plantio (DAP), e a colheita iniciou aos 32 dias e foi finalizada em abril, correspondendo a 2 anos após o plantio. Já as mudas frescas foram plantadas em junho, um ano após o plantio das mudas vernalizadas. O início da floração ocorreu 26 DAP, iniciando a colheita após 45 dias e terminando em maio do ano seguinte. De acordo com esses resultados, observou-se que as mudas vernalizadas apresentaram um período mais curto para o início da colheita (43 dias) do que as mudas frescas (73 dias).

**Tabela 6.** Dias transcorridos do plantio ao início da floração e do plantio ao início da colheita, e data final de colheita da cultivar de morangueiro Albion, conduzida no substrato, em ambiente protegido.

Cultivar	Início da floração	Início da colheita (DAP)	Final da colheita
Albion frigo	11	32	590
Albion fresca	26	47	325

DAP = dias após o plantio.

A indicação de substratos de baixo custo tem sido um dos objetivos de diversos pesquisadores para o cultivo do morangueiro fora do solo. Medeiros et al. (2008) elaboraram substratos com base na casca de arroz, com diferentes granulometrias, visando a sua adequação ao cultivo fora do solo do morangueiro. Foram avaliados quatro substratos: 1) casca de arroz em seu estado natural; 2) casca de arroz carbonizada (CAC); 3) casca de arroz carbonizada 50% + casca de arroz queimada 50% (CAC 50% + CAQ 50%); e 4) casca de arroz carbonizada 75% + casca de arroz queimada 25% (CAC 75% + CAQ 25%). E duas cultivares de morango: Camarosa e Camino Real.

Considerando-se a média das duas cultivares, obteve-se a maior produtividade (g por planta) com os substratos CAC e CAC 50% + CAQ 50%. Observou-se uma tendência de menor produtividade para o substrato casca de arroz in natura, para as duas cultivares. As características físicas dos materiais utilizados nesse estudo, especificamente o espaço de aeração e a porosidade total, indicaram que o substrato constituído de CAC 50% + CAQ 50% apresentou, para esses dois parâmetros, os valores mais próximos do considerado ideal, em comparação com a CAC isoladamente. No entanto, considerando-se a

média da produtividade obtida, esses dois materiais não diferiram entre si, embora tenham sido superiores aos demais substratos avaliados. O presente estudo reforça a elevada potencialidade de utilização da casca de arroz carbonizada como substrato e indica que a influência de determinados parâmetros físicos dos materiais sobre a produtividade depende do sistema de cultivo utilizado.

Em Passo Fundo, RS, foram avaliadas a produção e a qualidade de frutas provenientes de mudas vernalizadas e frescas, da cultivar de morangueiro Albion, conduzidas em diferentes proporções de dois substratos (casca de arroz carbonizada e substrato comercial) sobre bancadas.

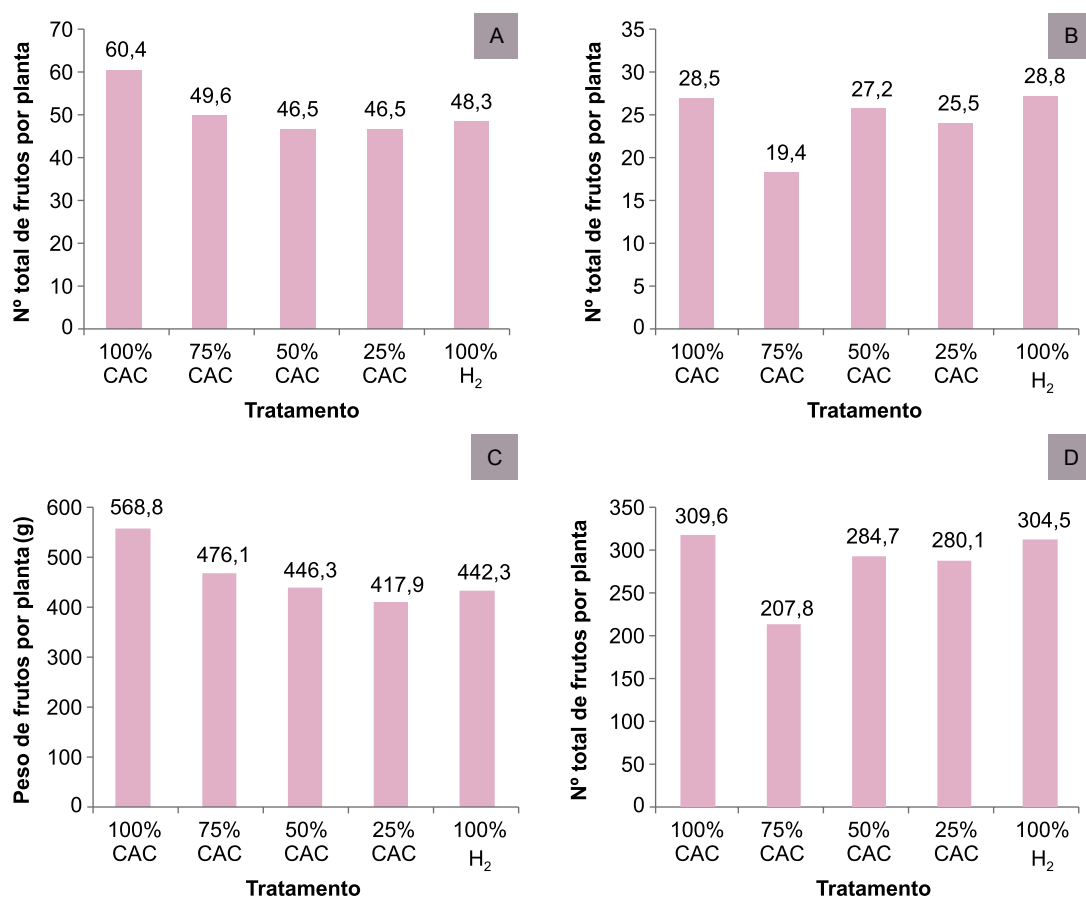
Os resultados de produção e qualidade são verificados nas Figuras 8 e 9, respectivamente. Em mudas vernalizadas, obtém-se maior rendimento em plantas produzidas no substrato com 100% de CAC. Já em mudas frescas, essa superioridade foi observada nos materiais puros (Figura 8). Porém, maior teor de açúcar (°Brix) foi encontrado em 50% de CAC, independentemente do tipo de muda (Figura 9).

Em revisão, há poucos trabalhos no Brasil referentes à qualidade de frutas de morangueiro cultivado fora do solo. Em Santa Maria, RS, Godoi et al. (2009) avaliaram a qualidade da fruta, cultivando em três sistemas fechados (sem solo e com dois substratos) conduzidos em telado. Foram determinados a firmeza, a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis totais. Os valores médios foram de 5,9 N para a firmeza de polpa, 6,4 °Brix para os sólidos solúveis totais e 11,1 meq por 100 mL para a acidez.

Novas tecnologias de produção são necessárias para minimizar as alterações ambientais, reduzindo o descarte de fertilizantes e outros poluentes que possam interferir na qualidade do meio ambiente. A indústria da aquicultura, reconhecendo que a deterioração da qualidade da água é uma preocupação ambiental, está buscando tecnologias para diminuir seu impacto sobre águas superficiais.

Os sistemas fechados fora do solo evitam que os fertilizantes sejam perdidos para o ambiente (TAKEDA, 1999). Com essa finalidade, um trabalho foi conduzido em Santa Maria, RS, por Andriolo et al. (2002), com as seguintes características: foram utilizadas sacolas plásticas contendo 3,5 dm<sup>3</sup> de substrato orgânico comercial, fertirrigação semanal, com uma solução nutritiva completa, por meio de tubos gotejadores distribuídos sobre as sacolas, com um gotejador para cada planta. Como resultado, obteve-se uma produtividade equivalente a 4 kg m<sup>-2</sup> com a cultivar Dover, entre abril e novembro.



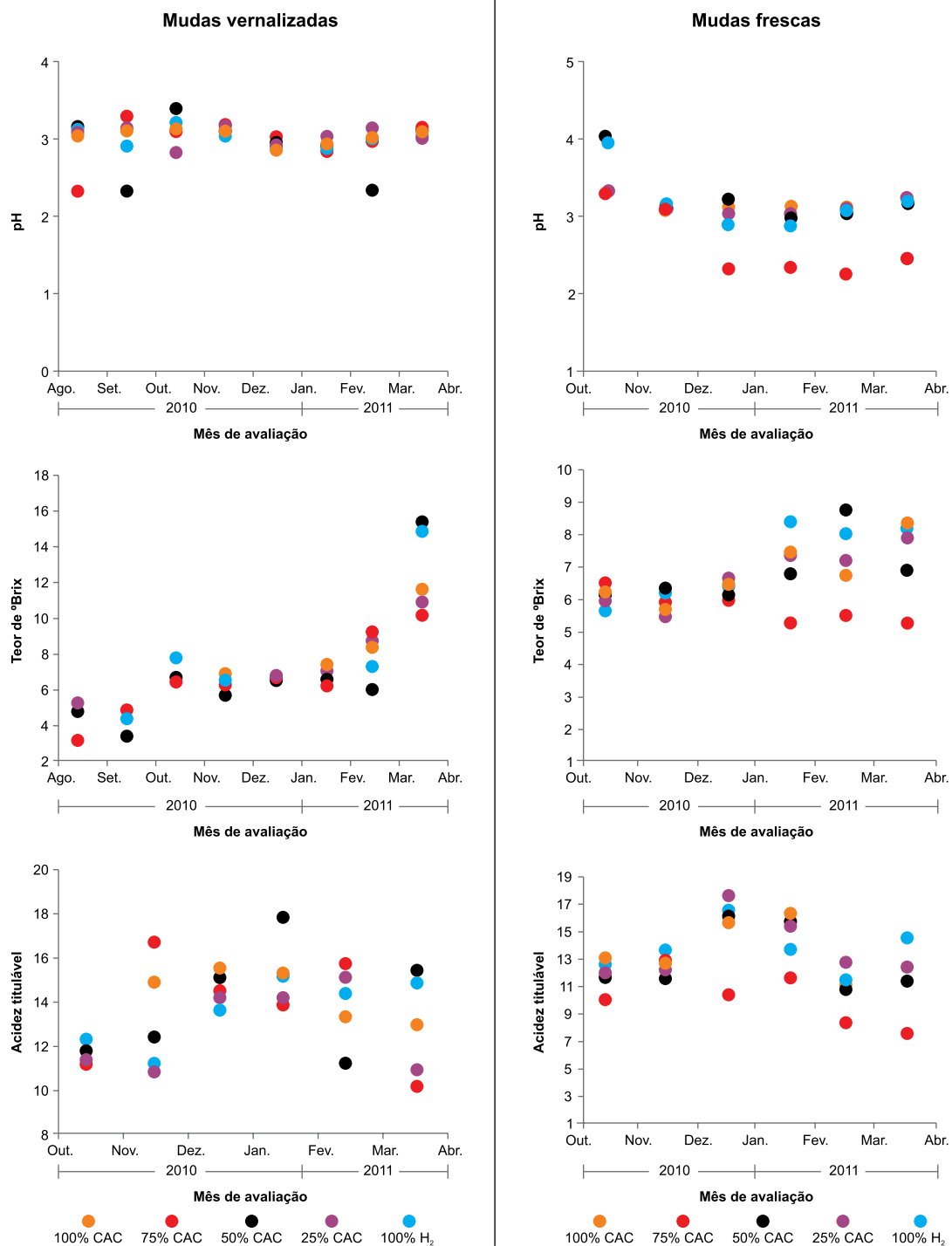


**Figura 8.** Produção de frutas da cultivar de morangueiro Albion e mudas vernalizadas (A e B) e frescas (C e D). CAC = casca de arroz carbonizada. H<sub>2</sub> = Substrato comercial.

Outro trabalho conduzido em telado, para determinar a produção de frutas de morango cultivado em substratos em sistemas fechados (em calhas, sacolas, leito de cultivo) e com dois substratos, também foi efetuado na região de Santa Maria, RS. Na areia, destacou-se o cultivo nas calhas, com produção de 1.017,4 g por planta. A produção mais elevada foi de 1.196,5 g por planta, obtida com substrato orgânico no leito de cultivo. Concluiu-se que o cultivo sem solo do morangueiro sem descartes de solução nutritiva é possível e que a produção é influenciada pelo sistema de cultivo e pelo substrato (GODOI et al., 2009). Esses mesmos autores estudaram alguns sistemas, o que será descrito a seguir:

- Sistemas de sacolas: essas foram preenchidas com 4 dm<sup>3</sup> de substrato, distribuídas em quatro fileiras distantes 0,30 m entre si e 0,26 m entre fileiras, comportando uma planta por sacola. Essas sacolas foram colocadas sobre a camada de brita e





**Figura 9.** Qualidade de frutas obtidas de mudas vernalizadas e frescas nos substratos casca de arroz carbonizada (CAC) e substrato comercial (H<sub>2</sub>).

perfuradas na parte inferior. A solução nutritiva foi fornecida às plantas por meio de uma motobomba (0,27 KW a 0,55 KW, vazão de  $2.100 \text{ L min}^{-1}$ ), conectada ao reservatório de estocagem da solução e a tubos gotejadores com vazão unitária de  $1,4 \text{ L h}^{-1}$ , com um gotejador por sacola. Em cada fertirrigação, a solução nutritiva excedente à capacidade máxima de retenção do substrato foi drenada, passou pelas perfurações localizadas na base da sacola e, em seguida, através da camada de brita, tendo, em seguida, retornado ao reservatório de estocagem.

- Sistema de calhas: foi construído sobre uma base de madeira, em forma de U, com largura de 0,18 m e altura de 0,12 m. Foi empregado um filme de polietileno de baixa densidade, de  $150 \mu\text{m}$ , que foi fixado na parte superior, em um fio de arame galvanizado. A camada de brita e a tela de polietileno de malha  $1,5 \text{ m} \times 10^{-3} \text{ m}$  foram colocadas no interior da calha. A distância entre as calhas foi de 0,26 m, as quais foram preenchidas com uma camada de substrato de 0,09 m. A solução nutritiva foi fornecida na extremidade mais alta da calha, por meio de uma mangueira flexível, conectada a uma bomba submersa no interior do reservatório (bomba de aquário, 8 W, vazão de  $520 \text{ L h}^{-1}$ ) e a um tubo de PVC de 0,025 m de diâmetro e 1,0 m de comprimento, perfurado a cada 0,0025 m. A solução nutritiva fluiu através da brita, difundindo-se na camada de substrato, caracterizando, assim, a fertirrigação pelo método da subirrigação. O volume excedente à capacidade máxima de retenção do substrato retornava ao reservatório.
- Leito de cultivo sobre superfície de telha: preparado conforme a descrição para o sistema de sacolas. Uma tela anti-insetos, com malha de  $1,5 \text{ m} \times 10^{-3} \text{ m}$ , foi colocada sobre a brita para sustentar uma camada de substrato com 0,09 m de altura. A solução nutritiva foi conduzida do reservatório de estocagem até a extremidade mais alta da telha, da mesma forma como nas calhas. Essa solução foi distribuída transversalmente no leito de cultivo, por meio de um tubo de PVC de 0,025 m de diâmetro e 1,0 m de comprimento, com perfurações de 0,0025 m, feitas ao longo do tubo. A fertirrigação e a drenagem da solução nutritiva ocorreram de modo semelhante ao processo descrito nas calhas. Em cada sistema de cultivo, a superfície dos substratos foi revestida com filme de polietileno de coloração preta, a fim de evitar a incidência dos raios solares. A densidade de plantas empregada foi de 12,12 plantas por metro quadrado. O volume de substrato disponível para cada planta foi de  $4 \text{ dm}^3$  nas sacolas e calhas, e de  $7,5 \text{ dm}^3$  no leito de cultivo.

### Na vertical

Segundo Furlani (2001), a hidroponia vertical aproveita vantagens da horizontal e adiciona outra, que é o maior aproveitamento da área das estufas. A técnica consiste em plantar as mudas de morangueiro em sacolas na posição vertical (sistema de colunas) ou tubo de polietileno, preenchidas com substrato e irrigadas com solução nutritiva (fertirrigação). Nesse caso, o substrato é o suporte onde as raízes se fixam e também retêm a solução nutritiva.

Segundo Rodríguez Delfín et al. (1999), entre as vantagens de produzir morangueiro em sistemas de colunas, podem ser relacionadas: alta produtividade, cerca de cinco a sete vezes mais em relação à produção no campo; menor esforço despendido pelo trabalhador durante o transplante e a colheita; uso eficiente da água; frutas mais uniformes e de melhor qualidade, permitindo, assim, obterem-se melhores preços; menor incidência de enfermidades na raiz; e baixa incidência de podridão das frutas por *Botrytis cinerea*.

Já entre as desvantagens, citam-se: custo inicial de instalação; escolha do substrato; desconhecimento do manejo agrônômico adequado; falta de conhecimento sobre sistema hidropônico; e descuido quanto à sanidade, do que pode resultar a contaminação da solução e, por meio dela, a contaminação de todas as plantas.

Um dos primeiros trabalhos na América do Sul sobre a produção de morango em sistemas de colunas verticais foi desenvolvido na Argentina. Foram utilizados tubos verticais de 2 m de altura e 15 cm de diâmetro, separados entre eles por uma distância de 0,80 m. Em cada um desses tubos foram plantadas 20 mudas de morangueiro da cultivar Chandler, de forma alternada, contendo quatro fileiras, a uma densidade de 15 plantas por metro quadrado, distribuídas dentro de estufas agrícolas, no sentido leste a oeste. Nesse trabalho, desenvolvido por Gariglio et al. (1998), foram usadas quatro misturas de substrato: a) perlita (P) 100% (P100); b) P 75% e 25% de resíduos de cascas de árvores da região (salicáceas – AS) 25% (P75); c) P 50% e AS 50% (P50); e d) AS 100% (P0). Elas foram comparadas com o cultivo no solo, que serviu como testemunha. O experimento foi realizado em 2 anos. A solução nutritiva utilizada no primeiro ano teve condutividade elétrica de  $2,9 \text{ ds m}^{-1}$ ; já no segundo ano, de  $1,4 \text{ ds m}^{-1}$ . Os resultados mais importantes foram: a) melhor eficiência da implantação, utilizando-se soluções diluídas ( $1,2 \text{ ds m}^{-1}$ ); b) maior rendimento com as misturas com P75; c) rendimentos muito baixos quando se utilizou perlita pura, e relativamente baixos quando os resíduos de árvore corresponderam a 50% da mistura; e d) melhor produção utilizando-se soluções com um quarto da concentração inicial durante todo o ciclo de cultivo.

No Brasil, Fernandes Júnior et al. (2002) foram um dos primeiros a avaliar essa tecnologia em Campinas, SP, com a cultivar Campinas IAC-2712. Eles compararam esse sistema com o cultivo no solo e em hidroponia NFT. No sistema de colunas verticais, utilizaram sacos preenchidos com casca de arroz carbonizada, formando tubos. Cada sacola acomodava 28 plantas e recebia a solução nutritiva através de dois difusores localizados no ápice do sistema. Concluíram que havia possibilidade de melhor aproveitamento interno do ambiente protegido, resultando em aumento do rendimento por área e mais facilidade de manejo da cultura, incluindo as operações de transplante, limpeza das plantas e colheita das frutas e dos estolhos.

Em Passo Fundo, RS, Calvete et al. (2007) avaliaram, em colunas verticais sob ambiente protegido, a cultivar Oso Grande, em dois sistemas de irrigação (Figura 10): um externo (conjunto de irrigação por gotejamento com sistema por estacas) e outro autocompensante (conjunto de irrigação por gotejamento interno, constituído de um tubo de  $\frac{1}{2}$  polegada, com gotejadores a cada 10 cm). E dois tipos de substratos comerciais – com e sem auxílio de drenagem (camada de 10 cm de brita na extremidade inferior da coluna). Para cultivo hidropônico vertical, foram confeccionadas sacolas na forma tubular, com polietileno branco anti-UV de 100 mm de espessura, cortado em segmentos de 2,30 m de comprimento, formando tubos de 0,39 m de diâmetro. Esses tubos, com ambas as extremidades amarradas, passaram a ter 2 m de comprimento, distantes 1,50 m entre si e elevados 2,10 m do chão, com caibros (6 cm x 5 cm) e pilares verticais de madeira roliça de eucalipto, com espessura de 30 cm, distantes 3 m um do outro, ao longo da linha.

Considerando o eixo dos cilindros, as sacolas de cultivo foram dispostas no espaçamento de 1,5 m x 1,0 m. As sacolas de cultivo foram perfuradas numa inclinação de 45°, para acomodar a muda. Foram utilizadas três soluções nutritivas concentradas, conforme o estágio da cultura. As soluções foram elaboradas com base na descrição de Fernandes Júnior et al. (2002). As soluções nutritivas foram distribuídas nas colunas de cultivo por dois difusores de vazão reguláveis, ajustados para emitir, aproximadamente, 11 L por hora cada um. As soluções nutritivas foram fornecidas às plantas duas ou três vezes por semana (CALVETE et al., 2007). Os resultados obtidos foram de 187,9 g por planta, mas, considerando a área de 1,5 m<sup>2</sup>, com 28 plantas por coluna, a produtividade estimada do sistema seria de 35.075 kg ha<sup>-1</sup>. Ao considerarmos apenas a média da massa de frutas comerciais (160,8 g por planta), a produtividade seria de 30.007 kg ha<sup>-1</sup>, que pode ser considerada uma boa produtividade. Fernandes Júnior et al. (2002) obtiveram 233 g por planta e informaram que

Fotos: Eunice O. Calvete



**Figura 10.** Detalhes da irrigação de gotejamento por estaca: externa (A), autocompensante interna (B) e vista geral do cultivo em substrato em colunas verticais (C).

a produtividade de  $8,7 \text{ kg m}^{-2}$  alcançada pelo sistema vertical foi 100% superior ao cultivo no solo ( $4,3 \text{ kg m}^{-2}$ ) e em NFT ( $3,8 \text{ kg m}^{-2}$ ).

Para o modelo pesquisado por Calvete et al. (2007), o sistema de irrigação mais indicado é o externo, de gotejamento por estacas (aranha), com drenagem na extremidade inferior da coluna. Um dos resultados encontrados por esses autores, os quais concordam com Fernandes Júnior et al. (2002), foi a existência de um gradiente decrescente de produção da parte superior para a mediana e inferior da coluna. A explicação é a diminuição da

radiação ao longo da coluna de cultivo e o aumento da temperatura na parte superior da sacola, fatores importantes para a produção de morango.

A mistura de turfa com perlita tem sido um dos substratos mais utilizados, principalmente para a produção hidropônica de morangueiro em países em desenvolvimento. Em trabalho realizado em colunas verticais confeccionadas com vasos de 25 cm de diâmetro em 1,1 m de altura, para cada metro quadrado foi fixado 1,3 coluna, contendo 21 plantas por metro quadrado (16 plantas por coluna). A temperatura variou de 10 °C a 15 °C durante a noite, e de 20 °C a 25 °C no período diurno. Nesse contexto, foram testados, por Jafarnia et al. (2010), os efeitos de três substratos à base de perlita e turfa (100%:0, 80%:20%, 60%:40%) sobre a produção e a qualidade de frutas de morango das cultivares Kordestan, Fresno e Selva. Os autores concluíram que, para as duas cultivares (Fresno e Selva), os melhores resultados foram obtidos com os substratos compostos por 100%:0 e 60%:40% perlita:turfa na produção de morangos no Irã.

## Sistema de consórcio

Sistema de consorciação consiste na combinação do cultivo de duas ou mais espécies com diferentes ciclos e arquiteturas vegetativas, exploradas simultaneamente, na mesma área. A finalidade dessa técnica é maximizar os lucros, diminuir os riscos e perdas totais, conseguir maior eficiência no controle da erosão, aproveitar melhor os insumos e a mão de obra, possibilitando, assim, maior fonte de renda ao produtor (CAETANO et al., 1999). Permite também o aumento da produtividade, o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis e a diversificação da produção (CARVALHO, 1989; VIEIRA, 1998).

As culturas envolvidas nesse sistema não são necessariamente cultivadas ao mesmo tempo, mas, durante parte do seu desenvolvimento, haverá uma simultaneidade, forçando a interação entre elas. Para tanto, é importante a escolha de culturas companheiras, que exerçam alguma complementaridade. Isso é possível quando as espécies consorciadas apresentam nichos ecológicos diferentes, resultando em melhor utilização da radiação e da absorção de nutriente (GRANGEIRO et al., 2007).

O morangueiro utilizado em consorciação com outras culturas pode beneficiar o produtor, pois, além das vantagens citadas, pode melhorar a distribuição temporal de renda. Trabalhos têm mostrado a viabilidade de produzir figueira em ambiente protegido, pois proporciona ampliação do período de colheita de figos maduros; além disso, evitam-se as perdas por podridões no período de colheita, proporcionando frutas de melhor qualidade



(NIENOW et al., 2006). Entretanto, como o custo de produção é elevado, aconselha-se estudar a possibilidade de consórcio com outras culturas, de modo a diluir custos, a viabilizar economicamente e agregar valor à área de produção. O cultivo fora do solo do morangueiro é uma realidade que, entre várias vantagens, incrementa o rendimento por área.

O estabelecimento de um sistema consorciado de morangueiro e figueira, em ambiente protegido, sustenta-se em características fenológicas e produtivas. A figueira inicia o período de dormência (queda de folhas) em maio, o qual se prolonga até o final de julho e/ou início de agosto, quando é realizada a poda drástica e inicia a brotação. Considerando que o morangueiro é plantado no período de dormência da figueira, estendendo seu ciclo até o final e/ou início do ano, as restrições de radiação poderão ocorrer apenas no terço final do seu ciclo. Assim, pode o morangueiro ser conduzido no sistema de consórcio com a figueira. Também é importante considerar que os períodos de safra dessas duas culturas são complementares (MENDONÇA, 2011).

Nesse propósito, trabalhos foram desenvolvidos na Universidade de Passo Fundo, procurando consorciar a figueira com o morangueiro, sendo este último cultivado em substrato (Figura 11).

Alguns resultados mostram a viabilidade desse consórcio. Por exemplo, a relação entre o número de folhas e a soma térmica acumulada (STa) (filocrono) mostrou-se linear entre as cultivares de morangueiro (Figura 12A), demonstrando que a emissão de folhas está diretamente relacionada à temperatura do ar. Com esses dados, pode-se inferir que a cultivar Camino Real precisa de aproximadamente 108 dias para a emissão de uma folha, necessitando, portanto, de maior soma térmica acumulada para emitir duas folhas consecutivas, em comparação com as cultivares Florida Festival (84 °C dia por folha) e Earlibrite (76 °C dia por folha) (MENDONÇA, 2011). O período entre o surgimento de uma folha e outra no morangueiro é de 8 a 12 dias, sendo a temperatura o principal fator a incidir nesse processo fisiológico, e essa temperatura é influenciada pelas características do ambiente de cultivo (GALLETA; HIMELRICK, 1990).

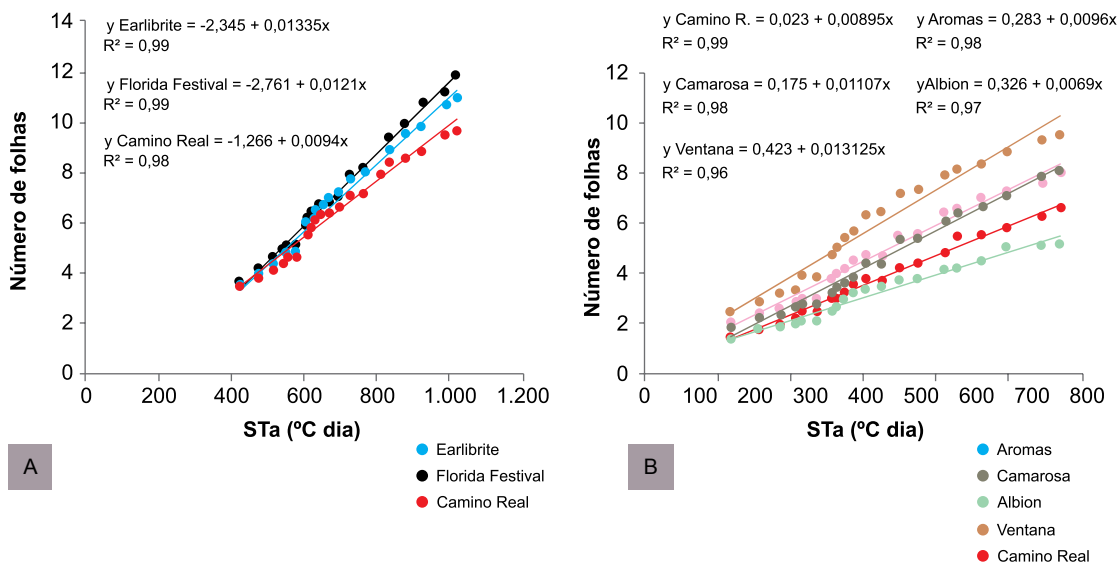
O intervalo entre a emissão de duas folhas consecutivas variou de 7 a 14 dias, entre as cultivares avaliadas por Mendonça (2011). Um alto valor de filocrono em uma planta, como o de Albion (Figura 12B), indica que, nessa planta, o desenvolvimento de folhas é mais lento, pois a planta necessita de um maior número de graus-dia para a emissão de cada folha (ROSA, 2010).





Fotos: Heloisa F. C. Mendonça

**Figura 11.** Consórcio de figueira com morangueiro em ambiente protegido.

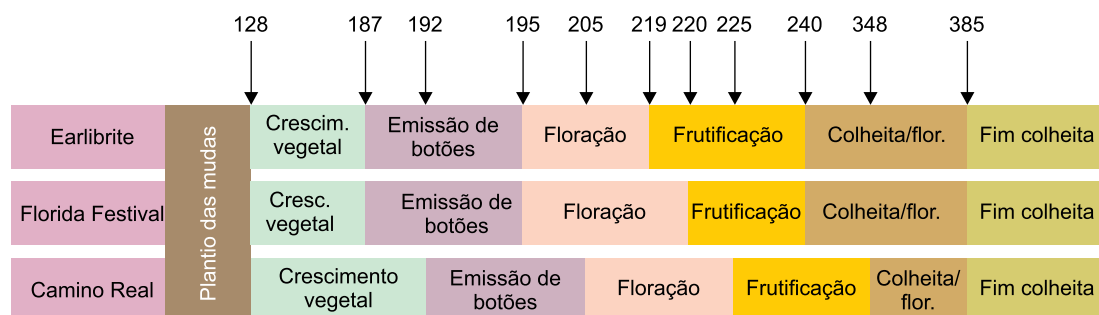


**Figura 12.** Regressão estimada entre o aparecimento de folhas e a soma térmica acumulada para calcular o filocrono de três cultivares de morangueiro, em mudas oriundas da Argentina (A) e do Chile (B), consorciadas com figueira em ambiente protegido. Passo Fundo, RS, 2009.

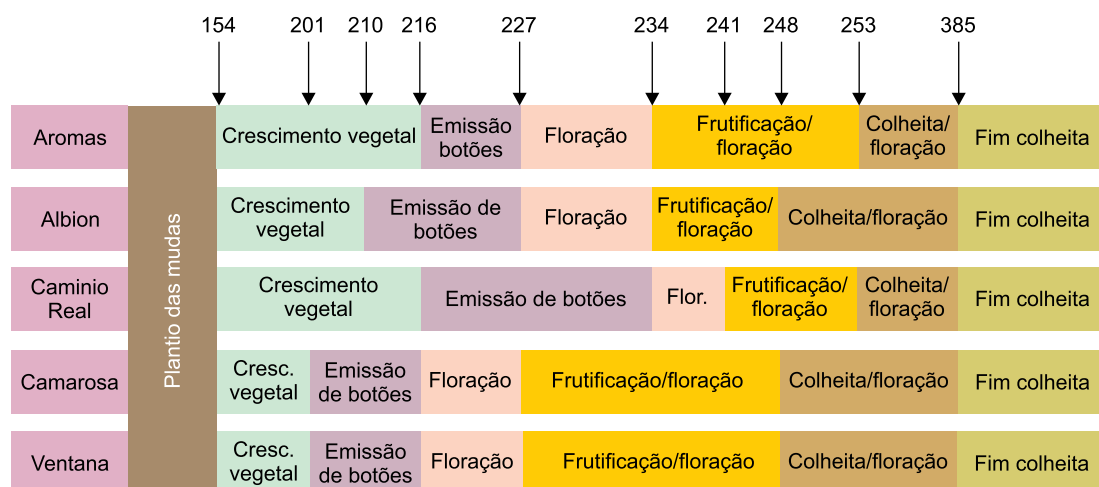
Também foi determinado por Mendonça (2011) o período, em dias, em que ocorreram as diferentes fases fenológicas (Figura 13). A cultivar Camino Real iniciou os vários estádios avaliados, após as cultivares Earlibrite e Florida Festival. As cultivares Camarosa e Ventana foram mais precoces do que as demais somente no início da colheita, e a Albion igualou-se a elas depois daquele período (Figura 14).

Dados de produção em experimentos isolados (MENDONÇA, 2011) identificaram um maior número de frutas totais e comerciais na cultivar Florida Festival. Já em outro trabalho, as cultivares Aromas e Camarosa mostraram-se superiores em número de frutas por planta. Embora Aromas tenha se destacado em maior número total de frutas, não ocorreu o mesmo em relação à porcentagem de frutas comerciais (78%), que apresentou frutas com 12,9 g, em média.

Em 2010/2011, ainda em consórcio, as cultivares Camarosa e Florida Festival apresentaram o maior número de frutas por planta; porém, a maior produção por unidade foi com as cultivares San Andreas e Camino Real, indicando que as frutas destas últimas cultivares eram maiores e mais pesadas do que daquelas, sendo, então, mais apresentáveis para



**Figura 13.** Estádio fenológico das cultivares de morangueiro multiplicadas na Argentina e consorciadas com a figueira, desde o plantio das mudas até o final da colheita, conforme o calendário juliano. Passo Fundo, RS, ciclo 2009/2010.



**Figura 14.** Estádio fenológico das cultivares de morangueiro multiplicadas no Chile e consorciadas com a figueira, desde plantio das mudas até o final da colheita, conforme o calendário juliano. Passo Fundo, RS, ciclo 2009/2010.

o consumo in natura. As cultivares Earlibrite e Florida Festival atingiram seu máximo de produção em outubro, com 1.722 graus-dia (em °C), enquanto a cultivar Camino Real exigiu maior soma térmica [2.276 graus-dia (em °C)]. Já quando foram avaliadas as cultivares Aromas, Ventana, Camarosa, Camino Real e Albion, o pico da safra ocorreu em novembro, com 2.008 graus-dia (em °C).

Na parte química, a cultivar Earlibrite destacou-se nas características intensidade e coloração, mas foi semelhante à Florida Festival em brilho. Já as frutas da cultivar Camino

Real apresentaram menores brilho e intensidade da cor, apenas se assemelhando à Florida Festival quanto à intensidade (Tabela 7). Essas cultivares têm menor intensidade de cor, caracterizando-se pela coloração externa escura e menos cromática.

**Tabela 7.** Coloração externa das frutas de três cultivares de morangueiro consorciadas com figueira em ambiente protegido. Passo Fundo, RS, ciclo 2009/2010.

Tratamento Cultivar	Atributos da coloração		
	Luminosidade (L*)	Intensidade (Croma)	Coloração (Hue)
Earlibrite	28,31 ± 4,56a	50,17 ± 7,67a	41,57 ± 5,15a
Florida Festival	25,66 ± 3,94ab	44,77 ± 4,39b	38,09 ± 4,44b
Camino Real	23,25 ± 2,97b	42,82 ± 7,26b	33,91 ± 4,47c
CV (%)	4,8	3,9	2,1

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## Em água

Entre os sistemas que não envolvem substratos e nos quais apenas a solução nutritiva tem contato com as raízes, a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT) é a mais difundida no Brasil e no mundo. Consiste na recirculação contínua ou intermitente da solução nutritiva em canais de cultivo, os quais podem ter diferentes dimensões e ser confeccionados por materiais os mais diversos, sendo PVC, polietileno, polipropileno, amianto e alvenaria os mais usados. O fornecimento de solução nutritiva estocada em um reservatório é feito, para os canais de cultivo, por um conjunto motobomba, e o retorno ao depósito se dá por gravidade, depois de circular pelo sistema radicular das plantas.

Fernandes Júnior (2001) reproduz as considerações feitas pelo pesquisador Furlani sobre a capacidade volumétrica do reservatório de solução nutritiva, a qual está diretamente relacionada ao número de plantas e à espécie a ser cultivada. Para o cultivo do morangueiro, sugere-se como adequado um volume entre 0,5 L e 1,0 L por planta, e o autor ressalta que quanto maiores forem as relações entre o volume de solução nutritiva do tanque e o número de plantas, menores serão as alterações químicas e de temperatura do meio de crescimento (FERNANDES JÚNIOR, 2001). A respeito do fluxo da solução nutritiva, Fernandes Júnior (2001) apresenta uma faixa mais ampla, que varia conforme as fases de desenvolvimento, recomendando os fluxos de 0,5 L, 1,5 L e 5,0 L por minuto para mudas, plantas de ciclo curto e plantas de ciclo longo, respectivamente. Tratando especificamente

do cultivo do morangueiro, esse autor referiu-se a Takeda (1999), que utilizou 300 mL por minuto, sem atestar problemas oriundos desse manejo, em condições de casa de vegetação climatizada, onde as temperaturas diurnas e noturnas foram mantidas em 20 °C a 25 °C e 10 °C a 15 °C, respectivamente.

Maior volume de solução nutritiva circulando veicula maior teor de nutrientes e oxigênio, atendendo, assim, de forma uniforme, a todas as plantas ao longo da linha (FERNANDES JÚNIOR, 2001). Contudo, Resch (1997) recomenda canais com no máximo 25 m de comprimento, a fim de evitar a formação de gradientes negativos na disponibilidade de oxigênio e nutrientes. Além disso, sugere que as declividades desses canais fiquem entre 1% e 3%. Quanto ao diâmetro dos canais, todos os autores acima citados o relacionam ao estágio de desenvolvimento e às características do sistema radicial da espécie cultivada. Gusmão (2000) e Takeda (1999), citados por Fernandes Júnior (2001), utilizaram, para o cultivo de morango, tubos com 100 mm de diâmetro. As soluções nutritivas para os cultivos hidropônicos devem conter todos os elementos químicos essenciais às plantas e em concentrações suficientes para atender a seus requerimentos, sem, contudo, atingir concentrações que dificultem ou até inibam a absorção de água, em virtude de um elevado potencial osmótico. A relação entre os teores dos nutrientes de uma solução nutritiva tem origem na relação encontrada entre eles, nas análises de extração máxima de cada íon pela espécie em questão (FERNANDES JÚNIOR, 2001).

O cultivo hidropônico pela técnica do fluxo de nutrientes (NFT), conduzido por Fernandes Júnior (2001), foi em bancadas com 12 m de comprimento, 1,5 m de largura e declividade igual a 3%. As bancadas foram compostas de quatro linhas de cultivo para a fase intermediária, formadas por perfis hidropônicos de 100 mm de diâmetro, dispostos de forma intercalada, com cinco linhas de plantio destinadas à fase definitiva, compostas de canais de cultivo, formados por perfis hidropônicos de 150 mm de diâmetro. Todos os perfis de cultivo foram confeccionados em polipropileno. O sistema utilizado possuía reservatório de 1.000 L para a solução nutritiva (cerca de 1,5 L por planta), conjunto motobomba com motor monofásico de 0,5 CV, tubulação de recalque com uma derivação de refluxo ao reservatório onde se encontrava um “Venturi”, para promover a oxigenação da solução nutritiva, e uma rede de coleta e retorno da solução à origem, após sua circulação pelas mesas de cultivo. O cultivo em NFT foi dividido em duas fases: aclimação das mudas ao sistema e definitiva. Na fase de aclimação, adotou-se o espaçamento 0,15 m x 0,12 m, onde as plantas permaneceram por 54 dias. Quando atingiram porte adequado, foram transplantadas para os canais de cultivo definitivo. Na fase definitiva, o espaçamento foi de



0,34 m x 0,25 m, com densidade de 11,7 plantas por metro quadrado. O volume do fluxo e a intermitência da irrigação diferiram entre as etapas de cultivo somente nos primeiros 15 dias, quando, na fase intermediária, as mudas recém-transplantadas foram submetidas a um fluxo de solução nutritiva de aproximadamente 2,5 L por minuto, por canal.

No Brasil, há alguns trabalhos sobre morangos cultivados em NFT. Tavares (2001), por exemplo, estudando a produtividade das cultivares de morangueiro Campinas, Dover, Seascape e Toyonoka em cultivo hidropônico, no Distrito Federal, concluiu que a cultivar Campinas apresentou desempenho superior ao das demais, com exceção do peso médio do fruto. Já Verdial et al. (2001), estudando o morangueiro no mesmo sistema de cultivo, com as cultivares Campinas, Dover, Princesa Isabel, Sequoia e Fern, observaram que a cultivar Fern proporcionou maior peso médio de fruto.

## Considerações finais

Problemas fitossanitários no solo decorrentes da falta de rotação de cultura, aliados ao uso intensivo de produtos químicos, que contaminam o meio ambiente e, consequentemente, o produtor e o consumidor, têm exigido novas tecnologias para essa cultura. A questão ergonômica, evidenciada pelo grande número de operações que a cultura do morangueiro exige durante todo o ciclo de produção, muitas vezes tem limitado o emprego da mão de obra na lavoura dessa cultura. O emprego do cultivo fora do solo tem sido uma solução. Entretanto, desde o princípio, esse sistema de produção, principalmente os cultivados em substratos, foram os sistemas abertos, ou seja, com livre drenagem da solução nutritiva para o meio, e exigindo, consequentemente, a renovação frequente da solução.

Durante muito tempo, negligenciou-se o impacto ambiental provocado pelo descarte de nutrientes no ambiente. Atualmente, a crescente consciência sobre esses riscos levou à utilização de métodos fechados, que recorrem à recirculação da solução. Além da economia garantida pela possibilidade de reutilização dos nutrientes, esses métodos aplicam, concomitantemente, medidas de preservação ambiental. No Brasil, de acordo com Gimenez et al. (2008), esse cultivo é incipiente, carecendo ainda de muitas pesquisas que permitam adequar os sistemas às diferentes regiões produtivas do País.

## Referências

- AGUILA SANCHO, J. H. The present status of the substrate as an ecosystem component and its function and importance in crop productivity. **Acta Horticulturae**, v. 221, p. 53-74, 1988.
- ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria, RS: UFSM, 1999. 142 p.
- ANDRIOLO, J. L.; BONINI, J. V. BOEMO, M. P. Acumulação de matéria seca e rendimento de frutos de morangueiro cultivado em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 24-27, 2002.
- ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, D. I.; OLIVEIRA, C. S.; COCCO, C.; SCHMITT, O. J.; CARDOSO, F. L. Cultivo sem solo do morangueiro com três métodos de fertirrigação. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 691-695, 2009.
- BOODT, M. de; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, v. 26, p. 37-44, 1972.
- BORDIGNON JUNIOR, C. **Análise química de cultivares de morango em diferentes sistemas de cultivo e épocas de colheita**. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
- BORTOLOZZO, A. R.; VALDEBENITO SANHUEZA, R. M.; MELO, G. W. B. de; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; BOTTON, M.; FREIRE, J. de M.; BRAGHINI, L. C.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F. F.; FERLA, N. J.; PINENT, S. M. J. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 24 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, 62).
- CAETANO, L. C. S.; FERREIRA, J. M.; ARAÚJO, M. L. de. Produtividade de cenoura e alface em sistema de consorciação. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 143-146, 1999.
- CALVETE, E. O.; MARIANI, F.; WESP, C. L.; NIENOW, A. A.; CASTILHOS, T.; CECCHETTI, D. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 396-401, 2008.
- CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; WESP, C. L.; CESTONARO, L.; MARIANI, F.; FIOREZE, I.; CECCHETTI, D.; CASTILHOS, T. Produção hidropônica de morangueiro em sistema de colunas verticais, sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 524-529, 2007.
- CANOVAS MARTÍNEZ, F. Sistemas de cultivos hidropónicos. In: MILAGROS, M. F.; GÓMEZ, I. M. C. (Ed.). **Cultivos sin suelo II: curso superior de especialización**. Almería: Instituto de Estudios Almerienses, 1999. p. 207-228.
- CANTILLANO, F. F. **Morango pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 29 p.
- CARVALHO, E. F. Cultura associada de feijão com maracujá: efeitos de densidades populacionais do feijoeiro. **Ciência Agrônômica**, v. 20, n. 1-2, p. 185-190, 1989.
- CHITARRA, A. B. **Armazenamento de frutos e hortaliças por refrigeração**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. 58 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 783 p.
- COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Normas de classificação do morango**. São Paulo, 2006. 6 p.
- CONOVER, C. A. Soil amendments for pot and field grown flowers. **Florida Flower Grower**, v. 4, n. 4, p. 1-4, 1967.
- COSTA, R. C. **Teores de clorofila, produção e qualidade de frutos de morango sob telas de sombreamento em ambiente protegido**. 2009. 117 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.



COSTA, R. C. **Ecofisiologia, rendimento e qualidade de morangueiro de dias neutros cv. Albion em diferentes substratos**. 2012. 150 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

COSTA, R. C.; MENDONÇA, H. C. F.; CECATTO, A. P.; CALVETE, E. O.; CHAVARRIA, G. Densidade de plantas sobre a produtividade do morangueiro cultivado em substrato. In: CONGRESO ARGENTINO DE HORTICULTURA, 33.; SIMPOSIO DE FRUTILLA; SIMPOSIO DE AGROECOLOGÍA; SIMPOSIO DE AROMÁTICAS, MEDICIONALES Y CONDIMENTICIAS, 2010, Rosario, AR. **Anales...** Rosario: Asaho, 2010. p. 232.

CURTI, F. **Efeito da Maçã ‘Gala’ (*Malus domestica* Bork), na lipidemia de ratos hipercolesterolêmicos**. 2003. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DUARTE FILHO, J.; CUNHA, R. J. P.; ALVARENGA, D. A.; PEREIRA, G. E.; ANTUNES, L. E. C. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Informe Agropecuário**, v. 20, p. 30-35, 1999.

DURÁN, J. M.; MARTÍNEZ, E.; NAVAS, L. M. Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía (I): análisis de las ventajas e inconvenientes de la utilización de los distintos sistemas. **Vida Rural**, v. 7, n. 101, p. 40-43, 2000. Disponível em: <[http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_vrural%2FVrural\\_2000\\_101\\_40\\_43.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_vrural%2FVrural_2000_101_40_43.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2011.

FERNANDES JÚNIOR, F. **Produção do morangueiro em solo, hidroponia NFT e colunas verticais com substrato**. 2001. 98 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas.

FERNANDES JÚNIOR, F.; FURLANI, P. R.; RIBEIRO, I. J. A.; CARVALHO, C. R. L. Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**, v. 61, n. 1, p. 25-34, 2002.

FURLANI, P. R. Hidroponia vertical: nova opção para produção de morango no Brasil. **O Agrônomo**, v. 53, n. 2, p. 26-28, 2001.

FURLANI, P. R.; FERNANDES JÚNIOR, F. Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 2., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa, 2004. p. 102-115.

GALLETA, G.; HIMELRICK, D. **Strawberry management**: small fruit crop management. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1990. 602 p.

GARIGLIO, N. F.; PILATTI, R. A.; PERNUZZI, C.; MARANO, R. P. Comportamiento de frutilla en cultivo vertical, bajo invernáculo, com diferentes sustratos. **Revista Fave**, v. 12, n. 1, p. 17-26, 1998.

GAULAND, D. C. S. P. **Relações hídricas em substratos à base de turfas sob o uso dos condicionadores casca de arroz carbonizada ou queimada**. 1997. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GAVILÁN, M. U. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. In: GAVILÁN, M. U. (Coord.). **Tratado de cultivo sin suelo**. 3. ed. Madri: Mundi-Prensa, 2004. p. 3-47.

GIARDI, C. L.; SANHUEZA, R. M. V.; BENDER, R. J. **Manejo pós-colheita e rastreabilidade na produção integrada de maçãs**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2002. (Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, 31).

GIL, M. I.; HOLDCROFT, D. M.; KADER, A. A. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatment. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1662-1667, 1997.

GIMENEZ, G.; ANDRIOLO, J.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 273-279, 2008.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins: characterization and measurement with uv-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 2001. Unit. F1.2, p. 1-13.

GODOI, R. S.; ANDRIOLO, J. L.; FRANQUÉZ, G. G.; JÄNISCH, D. I.; CARDOSO, F. L.; VAZ, M. A. B. Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo sem solo com emprego de substratos. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1039-1044, 2009.

GRANGEIRO, L. C.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CALDAS, A. V. C.; COSTA, N. L. Produtividade da beterraba e rúcula em função da época de plantio em monocultivo e consórcio. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 4, p. 577-581, 2007.

GROLI, P. R. **Composto de lixo domiciliar urbano como condicionador de substratos para plantas arbóreas**. Porto Alegre, 1991. 125 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

JAFARNIA, S.; HATAMZADEH, A.; TEHRANIFAR, A. Effect of different substrates and varieties on yield and quality of strawberry in soilless culture. **Advances in Environmental Biology**, v. 4, n. 2, p. 325-328, 2010.

JUNGK, A. Eigenschaften des torfs und anderer substrate in ihre bedeutung für die ernahrung der pflanze. **Telma**, v. 5, p. 167-187, 1975.

KALT, W.; FORNEY, C. F.; MARTIN, A.; PRIOR, R. L. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 4638-4644, 1999.

KÄMPF, A. N.; JUNG, M. The use of carbonized rice hulles as horticultural substrate. **Acta Horticulturae**, n. 294, p. 271-283, 1991.

KROLOW, A. C.; SCHWENGBER, J. Avaliações físicas e químicas de morango cv. aromas produzidos em sistema orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1732-1735, 2007.

LATIGUI, A.; ZERARKA, A.; KASMI, A.; METTAL, K.; BRAIK, O. The effect of agricultural byproduct of olive tree on horticultural substrate of Strawberry (*Fragaria ananassa*) grown in soilless crop system. **American Journal of Plant Physiology**, v. 6, p. 83-90, 2011.

LIETEN, F. Methods and strategies of strawberry forcing in Europe: historical perspectives and recent developments. **Acta Horticulturae**, v. 348, p. 158-170, 1993.

LOZANO, M. G.; JIMÉNEZ, I. E. **Diez años de experiencias em cultivos sin suelo**. Granada: Caja Rural-Gabiente Técnico, 2001. 46 p.

MEDEIROS, C. A. B.; STRASSBURGER, A. S.; ANTUNES, L. E. C. Avaliação de substratos constituídos de casca de arroz no cultivo sem solo do morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 4827-4831, 2008.

MENDONÇA, H. F. C. **Produção e qualidade de morangos em cultivo protegido consorciado com a figueira**. 2011. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

MENDONÇA, H. F. C.; COSTA, R. C.; DE COSTA, L. A.; CALVETE, E. O.; CECATTO, A. P.; CHAVARRIA, G. Filocrono do morangueiro cultivado em diferentes densidades no substrato. In: CONGRESO ARGENTINO DE HORTICULTURA, 33.; SIMPOSIO DE FRUTILLA, 1.; SIMPOSIO DE AGROECOLOGÍA; SIMPOSIO DE AROMÁTICAS, MEDICIONALES Y CONDIMENTICIAS, 2010, Rosário. **Anales...** Rosário: Asaho, 2010. p. 233.

NIENOW, A. A.; CHAVES, A.; LAJÚS, C. R.; CALVETE, E. O. Produção da figueira em ambiente protegido submetida a diferentes épocas de poda e número de ramos. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 421-424, 2006.

PAPASSEIT, P. Oportunidades del cultivo sin suelo para las fresas de Huelva. **Revista Horticultura**, v. 193, p. 30-35, 2006.

PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate für den gartenbau, besonders in Deutschland: ein kristischer überlick. **Plant and Soil**, v. 75, p. 269-281, 1983.

PENNINGSFELD, F.; KURZMANN, P. **Cultivos hidropônicos y en turba**. Madrid: Mundi-Prensa, 1975. 310 p.

PINELI, L. de L. de O. **Qualidade e potencial antioxidante *in vitro* de morangos *in natura* submetidos a processamentos**. 2009. 222 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

RESCH, H. M. **Cultivos hidropônicos: nuevas técnicas de producción**. 4. ed. Madri: MundiPrensa, 1997. 509 p.

ROCHA, D. A.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; FONSECA, E. W. N. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1124-1128, 2008.

RODRÍGUEZ DELFÍN, A.; HOYOS ROJAS, M.; CHANG LA ROSA, M. Sistema de cultivos en columnas. **Red Hidroponia: Boletín Informativo**, n. 4, 1999. Artículo 2. Disponível em: <<http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/articulo2.htm>>. Acesso em: 21 jul. 2011.

ROSA, H. T. **Emissão e crescimento de folhas e seus efeitos na produção de frutas de duas cultivares de morangueiro**. 2010. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Rurais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

TAKEDA, F. Strawberry production in soilless culture systems. **Acta Horticulturae**, v. 481, p. 289-296, 1999.

TAVARES, H. L. **Cultivo de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) em sistema hidropônico no Distrito Federal**. 2001. 183 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

VERDIAL, M. F.; REIS, F. A. M.; TESSARIOLI NETO, J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Produção de frutos de morangueiro em sistema hidropônico aberto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 41.; ENCONTRO SOBRE PLANTAS MEDICINAIS, AROMATICAS E CONDIMENTARES, 1., 2001, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: MAA: EMATER-DF: Embrapa Hortaliças: CEASA-DF: FTB: Pro-Rural, 2001. 1 CD-ROM.

VERDONCK, O.; VLEESCHAUWER, D.; BOODT, M. de. The influence of the substrate to plant growth. **Acta Horticulturae**, v. 126, p. 251-258, 1981.

VIEIRA, C. Cultivos consorciados. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. p. 523-558.

WALLER, P. L.; WILSON, F. N. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, v. 150, p. 51-58, 1983.

WANG, S. Y.; LIN, H. S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 40-146, 2000.

CAPÍTULO

# 12

## Plasticultura

Carlos Reisser Júnior  
Gerson Kleinick Vignolo



## Introdução

O morango é geralmente cultivado no Hemisfério Norte, em climas mediterrâneos, onde ocorrem temperaturas amenas durante o inverno e o verão, ou em regiões que apresentam condições semelhantes àquele clima durante o ciclo da cultura. Nas regiões mais quentes do Hemisfério Norte e do Hemisfério Sul, são produzidos morangos de algumas cultivares desenvolvidas na Califórnia (HANCOCK, 2007).

No Sul do Brasil, o morangueiro é cultivado em regiões com elevada pluviosidade no outono e na primavera, com verões secos e temperaturas elevadas, e invernos frios, com probabilidade de ocorrência de geadas. A adequação do sistema de produção da cultura utilizando práticas agrícolas, muitas vezes necessárias nesse tipo de clima, visa tanto ao atendimento das exigências fisiológicas, quanto ao controle de condições microclimáticas favoráveis ao desenvolvimento de doenças, pois é grande a dificuldade de controle químico nesse sistema de produção.

Fora dessas regiões, o morango é normalmente cultivado em épocas de baixa probabilidade de ocorrência de chuvas durante o ciclo da cultura. Pode-se citar como exemplo a principal região produtora brasileira, situada no Cerrado brasileiro, especificamente no norte do Estado de São Paulo e no sul do Estado de Minas Gerais, sendo esses dois estados os maiores produtores nacionais. O Rio Grande do Sul, terceiro maior produtor do Brasil, apresenta clima subtropical, com abundância de chuvas, distribuídas igualmente ao longo

de todo o ano. A alta probabilidade de chuvas entre os meses de maio e janeiro determina que se usem, na cultura, coberturas plásticas (Figura 1), com o objetivo de reduzir o estresse da planta e, principalmente, diminuir o período de molhamento das suas folhas e frutos, restringindo, assim, as condições de manifestação de doenças. Os túneis baixos, amplamente utilizados nesse estado, garantem uma elevada produtividade, com padrões técnicos específicos para o Brasil.

Foto: Carlos Reisser Júnior



**Figura 1.** Sistema de cultivo do morangueiro usado no Rio Grande do Sul.

Normalmente, em cultivos agrícolas com valor econômico adequado, a mudança de microclima tem o objetivo de acelerar o crescimento, melhorar a qualidade e aumentar o período de produção. Portanto, para buscar formas econômicas e eficientes que tornem o microclima biologicamente efetivo, deve-se entender a física das transferências de energia entre a cultura e o ambiente (TARARA, 2000). De acordo com esse mesmo autor, a escolha do filme plástico como cobertura do solo (*mulching*) deve ser feita baseada nos efeitos que se está buscando acima ou abaixo do solo. Esses efeitos dependem das propriedades do filme plástico, do contato entre esse e o solo e da geometria ou forma do canteiro. O efeito mais efetivo do uso dessa técnica é alcançado pela combinação de conhecimentos da biologia da cultura com conhecimentos da física do balanço de energia na superfície do solo.

## Balanço de radiação

A fonte de energia para o sistema agrícola é a que vem do sol, também conhecida como energia solar. A quantidade incidente sobre o topo da atmosfera ( $R_o$ ), depois de absorvida, refletida e difundida pela atmosfera e pelas nuvens, chega à superfície da terra como radiação direta ( $RD$ ) e radiação difusa ( $Rd$ ), equivalente à quantidade de energia disponível para as culturas, ou radiação global ( $R_g$ ), conforme a Equação 1 e a Figura 2:

$$R_g = Rd + RD \quad (1)$$

em que  $R_g$  é a radiação global;  $Rd$  é a radiação difusa; e  $RD$  é a radiação direta.

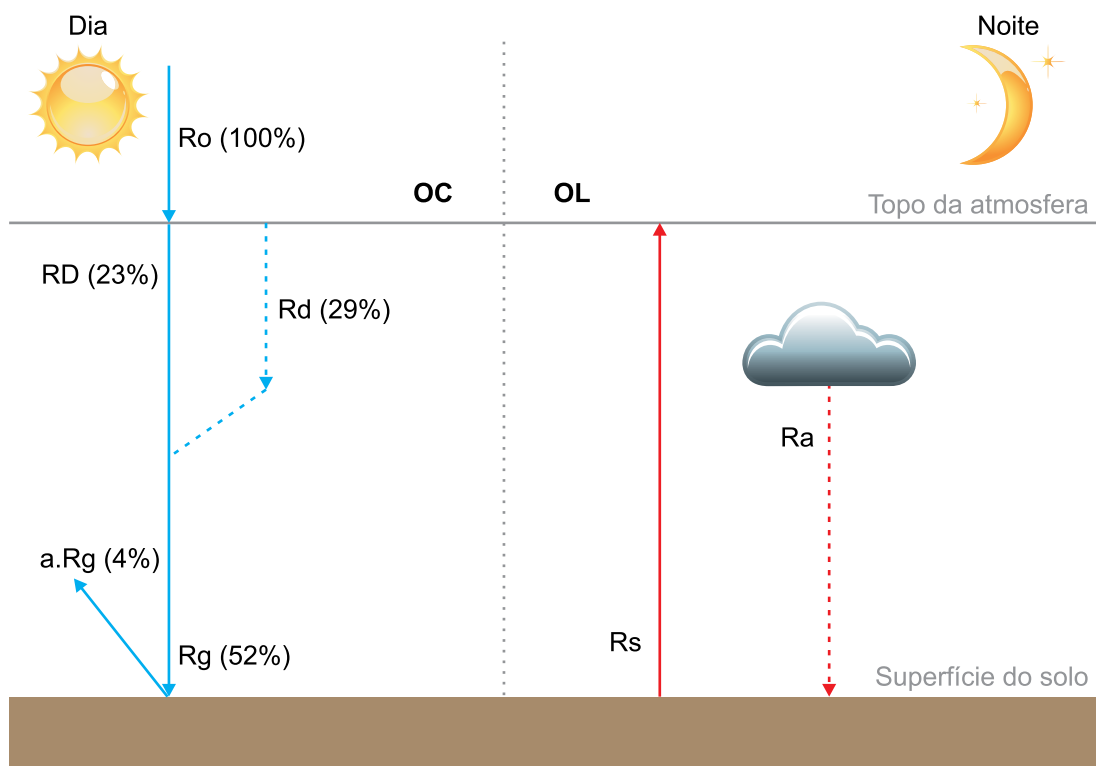
Da radiação global, parte é também refletida pela superfície (albedo), restando o saldo de radiação ou radiação líquida ( $R_n$ ), conforme a Equação 2:

$$R_n = a \times R_g \text{ ou } R_n = R_g - R_r \quad (2)$$

em que  $R_n$  é o saldo de radiação;  $a$  é o albedo;  $R_g$  = radiação global; e  $R_r$  é a radiação refletida.

O espectro da radiação solar que chega à superfície é composto de comprimentos de onda que vão desde 0,3 micra até 4 micra. Esse intervalo de comprimentos de onda contém aproximadamente 99% do tipo de radiação. Já a terra emite radiação que vai de 4 micra a 120 micra. O limite de 4 micra determina que comprimentos de onda abaixo desse nível equivalem a ondas curtas (OC), e comprimentos com valores acima equivalem a ondas longas (OL).





**Figura 2.** Esquema dos componentes do balanço de radiação diário (ondas curtas – OC; radiação incidente no topo da atmosfera –  $R_o$ ; radiação de onda curta solar direta –  $RD$ ; radiação de onda curta solar indireta ou difusa –  $R_d$ ; albedo –  $a$ ; radiação solar global –  $R_g$ ) e noturno (ondas longas – OL; radiação emitida pelo solo –  $R_s$ ; radiação emitida pelas nuvens –  $R_a$ ) mais influentes.

Como toda a radiação global, é também resultado da soma de um balanço diário entre a energia de ondas curtas ( $BOC$ ) e a energia de ondas longas ( $BOL$ ) (Equações 3, 4 e 5). Durante a noite, o balanço é de radiações de onda longa, cuja fonte principal são as superfícies aquecidas, principalmente o solo ( $R_s$ ), e a contrarradiação ( $R_a$ ), que é a emitida no sentido oposto à do solo, pelas nuvens ou superfícies acima do solo. Portanto, se pode dizer que:

$$R_n = BOC + BOL \quad (3)$$

sendo que

$$BOC = R_g - r \times R_g = R_g (1 - r) \text{ e } BOL = R_a - R_s \quad (4)$$

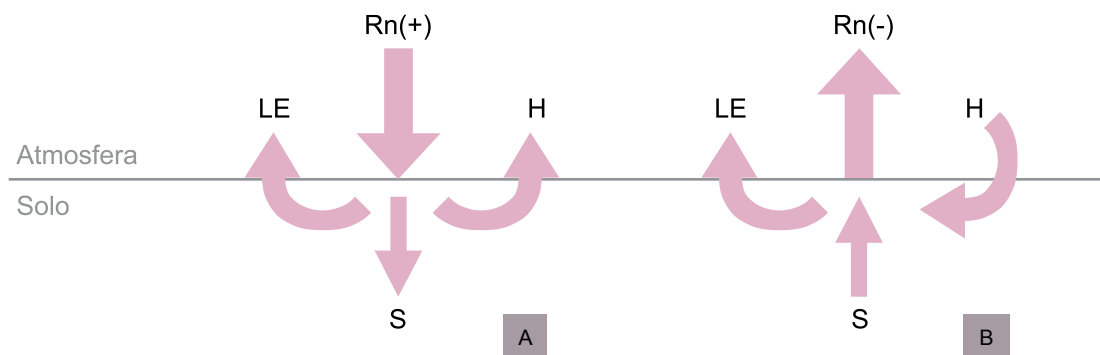
Portanto,

$$Rn = BOC + BOL = Rg (1 - r) + Ra - Rs \quad (5)$$

Considerando essa relação, que equivale a toda energia recebida pelos sistemas agrícolas, pode-se dizer que modificações causadas por tecnologias que interferem nesses fluxos de energia, como os filmes plásticos, causam grandes transformações nas variações normais desses sistemas.

## Balanço de energia

Diferentemente do balanço de radiação, o balanço de energia estuda a transformação da energia vinda da disponibilidade de radiação (saldo de radiação) incidente sobre as superfícies. A disponibilidade de radiação dentro de um sistema, por convenção, é positiva quando entra no sistema, e negativa quando sai. Essa energia é utilizada dentro de um sistema vegetal para o aquecimento das superfícies, do ar ( $H$ ) e do solo ( $S$ ), como forma de calor sensível, ou na evaporação da água ( $LE$ ), como calor latente, ou, ainda, nos processos de síntese biológica ( $F$ ). Como os processos de síntese biológica consomem aproximadamente 3% da energia, são desconsiderados nos balanços de energia. Portanto, a repartição do balanço de radiação pode ser positiva (Figura 3A), qual seja, a radiação transforma-se em calor sensível ( $H$  e  $S$ ) e calor latente ( $LE$ ). Quando o balanço é negativo (Figura 3B), geralmente o fluxo de calor sensível do interior do solo e do ar supre o calor latente de evaporação.



**Figura 3.** Componentes principais do balanço de energia do dia (A) e da noite (B). Saldo de radiação –  $R_s$ ; fluxo de calor latente –  $LE$ ; fluxo de calor sensível –  $H$ ; fluxo de calor para o solo –  $S$ .

Pela Equação 6, observa-se que a energia radiante transforma-se em calor sensível (para o solo e para o ar) e calor latente de vaporização. Se não houver restrição hídrica no sistema, a maior quantidade de energia será utilizada pela evapotranspiração (75%), e o restante será distribuído para aquecer o ar, a planta e o solo. Quanto mais seco for o ambiente, menos energia será utilizada para a evapotranspiração e mais para o aquecimento do solo, da planta e do ar. Portanto, nesse sistema pode-se dizer que:

$$Rn + LE + H + S = 0 \rightarrow Rn = LE + H + S \quad (6)$$

## Cobertura do solo (*mulching*)

O plástico usado como cobertura apresenta modificações não somente nas temperaturas do solo (abaixo da cobertura) como também na qualidade da radiação disponível para a cultura acima dele. Essas modificações podem resultar em efeitos físico-químicos (regulagem do fitocromo) ou radioativos (aumento ou redução de energia para as folhas) (TARARA, 2000). Decoteau (1989) verificou que coberturas plásticas do solo de cor branca refletem seis vezes mais radiação fotossinteticamente ativa (PAR) do que as de cor preta e 50% mais do que as de cor prateada.

O uso de coberturas mortas vegetais ou filmes plásticos (Figura 4) é uma das práticas adotadas pelo sistema de produção de morangueiro em praticamente todo o mundo. Com o objetivo principal de controlar invasoras e reduzir a evaporação da água do solo, essa técnica proporcionou outras vantagens ao sistema, como modificação do regime térmico do solo, além das inicialmente intencionadas. Outra importante característica é a manutenção das condições físicas do solo, pois, sem a ação



Foto: Carlos Reisner Júnior

**Figura 4.** Tipo de cobertura do solo dos canteiros com polietileno de cor preta, utilizado nos sistemas de produção de morangos no Estado do Rio Grande do Sul.

direta dos agentes atmosféricos, a cobertura mantém leve a estrutura do solo, facilitando o desenvolvimento de raízes, principalmente a porosidade do solo, que se eleva desde o preparo até o fim do ciclo de produção.

A cobertura do solo modifica os componentes de balanço de energia, independentemente do tipo de material utilizado. Por exemplo, coberturas de resíduos vegetais mortos e secos mudam principalmente a reflexão da radiação global, que reduz a energia disponível no sistema. Outra mudança é a formação de uma barreira à transferência de água para a atmosfera, fazendo com que o solo se mantenha mais úmido; portanto, consumindo mais energia na evaporação e armazenando mais energia graças ao maior calor específico da água. Há, por fim, mais uma mudança, que é a capacidade de a cobertura funcionar como um isolante térmico, o que determina que a energia incidente sobre a palha seja em sua maior parte dissipada na atmosfera, e não no solo. O resultado dessa prática é a redução da temperatura do solo.

As principais modificações se dão na reflexão (albedo) da superfície, na transmissão da energia para o solo e na impermeabilização da superfície do solo, o que elimina a evaporação da água do solo na atmosfera.

Dependendo das características do filme plástico, principalmente da sua cor, é possível manejar as condições energéticas do solo. A evaporação da água de irrigação ou condensada sobre o plástico não tem muita influência sobre o balanço de radiação (TARARA, 2000).

## Plástico preto

O uso de plásticos de cor preta para a cobertura do solo apresenta uma característica principal, que é a não transmissão de luz da superfície para o solo, inviabilizando o crescimento de plantas indesejadas sob ele. Com relação à radiação de onda curta (BOC), a coloração preta da cobertura abaixa o albedo da superfície, reduzindo a reflexão de energia e, conseqüentemente, elevando sua disponibilidade. Na Equação 5, verifica-se que, quanto menor o albedo ( $a$ ), maior o saldo de radiação ( $R_n$ ) disponível para o sistema. Com relação à onda longa, o plástico colocado sobre o solo reduz a transmissão do calor sensível, do ar para o solo, porém reduz a saída de calor sensível para a atmosfera. Essas reduções na transferência de calor latente para o solo ou para a atmosfera dependem da transmissividade desse material para esse tipo de radiação.

Outra característica desse plástico é a eliminação do movimento de água, tanto do solo para a atmosfera quanto da atmosfera para o solo, reduzindo, assim, a evaporação.

Esse isolamento da umidade do solo resulta em uma superfície seca, em que a maior disponibilidade de energia serve para aquecer o ar sobre a cobertura, como calor latente. Outra mudança é que o filme plástico preto não permite que grande parte da água da chuva chegue às raízes, criando a necessidade de irrigação na maioria das condições. E há ainda outra modificação esperada, que diz respeito à transmissão de energia para o solo, pois que, apesar da maior disponibilidade de energia para aquecer os elementos componentes do sistema, como plástico, plantas e ar, grande parte dessa energia absorvida pelo filme é dissipada na atmosfera. A outra parte é transmitida para o solo, por condução, podendo causar aumento ou redução de temperatura do solo coberto em comparação com o solo desnudo, o que vai depender do tipo de filme plástico usado, do contato entre o plástico e o solo e das suas constituição e umidade. Outro fator importante no processo é a redução da advecção (transporte de calor por um fluido em movimento), causada pela ventilação da superfície do solo abaixo do plástico, que também é uma grande causadora de perda de energia sensível.

## Plástico branco

O plástico de coloração branca (Figura 5) deve ser utilizado com restrições, porque, ao permitir a transmissão de luz para a superfície do solo, não exerce controle sobre ervas indesejadas. Geralmente, para contornar esse problema, usa-se um filme de dupla coloração, ou seja, com uma face branca e a outra preta. Essa técnica também influencia o balanço de energia do solo, pois, ao aumentar a reflexão de radiação disponível, diminui a quantidade de energia que entra no sistema. Elementos de cor



Foto: Carlos Reisser Júnior

**Figura 5.** Plástico de cor branca na face superior e de cor preta na face inferior, usado para a cobertura do solo, adequado para aumentar a reflexão da energia solar e controlar a emergência de plantas indesejáveis no canteiro.

branca apresentam albedos próximos a 0,9. Na Equação 5, verifica-se que valores de albedo próximos a 1 determinam uma grande redução do saldo de radiação.

Um dos benefícios da cobertura com plástico branco é que, como aquece menos o solo do que o preto, ele estimula a produção de frutos no verão – principalmente nos meses de janeiro e fevereiro. Nesse período, se for utilizado o plástico preto, a temperatura do solo pode chegar a 45 °C, o que vai prejudicar o desenvolvimento radicular (Figura 6A). Com relação à radiação solar, o plástico branco, em comparação com o preto, proporciona mais do que o dobro de radiação refletida para as plantas (Figura 6B), podendo, então, favorecer as taxas de fotossíntese e a produção de frutos.

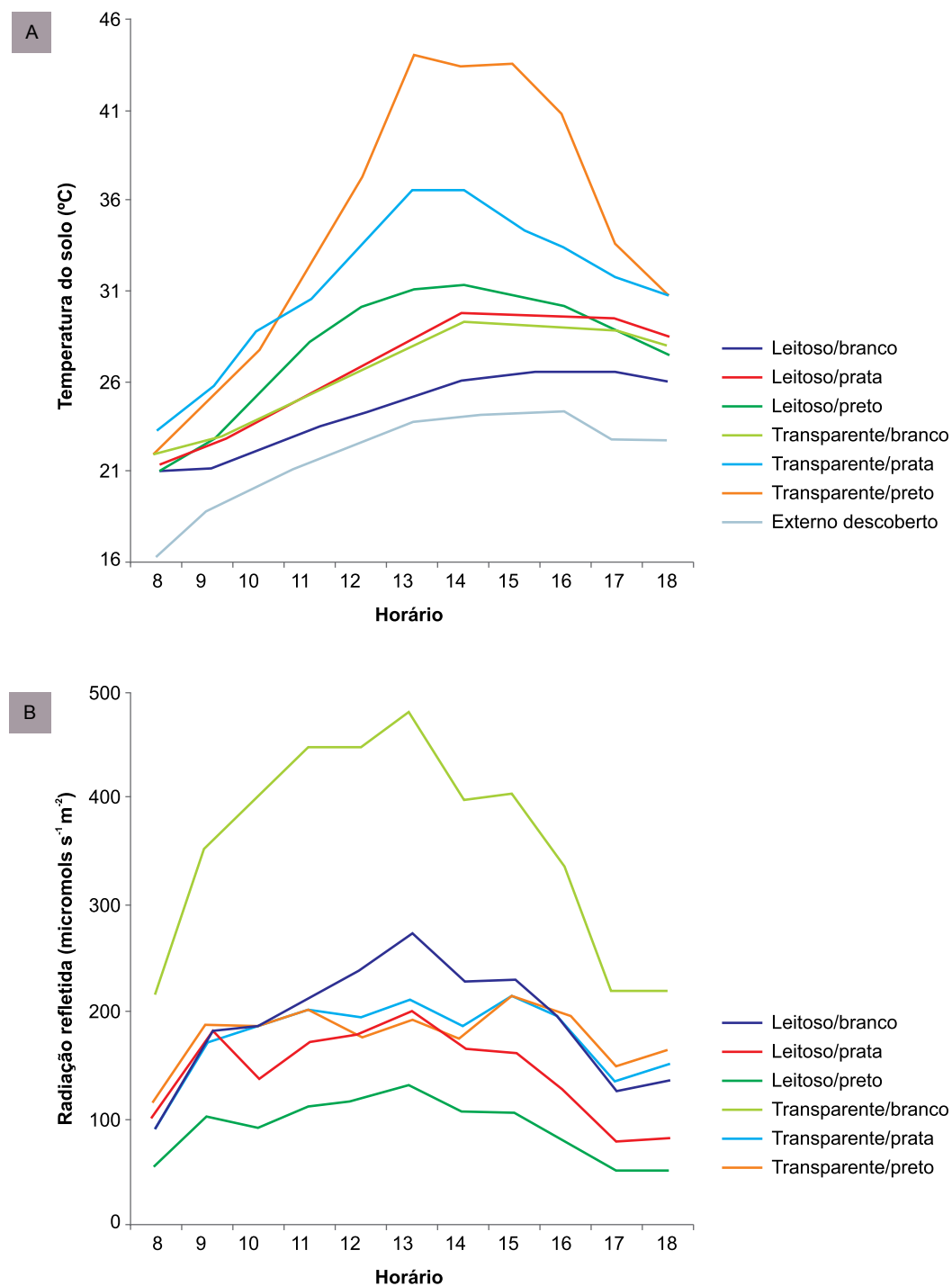
As outras modificações sobre o balanço de energia são praticamente iguais às aquelas obtidas com filmes de outras cores: a impermeabilização do solo ao vento e à água, e a redução das taxas de transmissão de energia entre a atmosfera e o solo.

## Plástico transparente

Assim como o plástico branco comum, o plástico transparente não exerce controle sobre plantas indesejadas, visto que também permite a passagem de luz para o solo. Por esse motivo, o controle de plantas indesejadas deve ser feito antes de sua colocação. Normalmente, em países onde essa técnica é utilizada, como nos Estados Unidos, a esterilização e a erradicação de sementes são feitas com brometo de metila. No Brasil, porém, esse agente químico é proibido; portanto, o uso do plástico transparente para cobertura de canteiros em sistemas agrícolas é praticamente inviável.

A principal mudança conferida pelo uso do plástico transparente no balanço de energia é permitir que a radiação de onda curta seja captada pelo solo. E graças a essa capacidade de isolar a radiação de onda longa e o vento, esse filme propicia maior acúmulo de energia em forma de calor sensível dentro do solo, já que sua capacidade de transmitir a radiação de onda curta é de aproximadamente 90% (Tabela 1). Outro fenômeno que favorece o acúmulo de energia no solo é a condensação de água entre o solo e o plástico, o que aumenta o isolamento de radiação de onda longa, isolamento esse que não é muito grande quando se usam polietilenos de baixa densidade.

Com o uso desse tipo de plástico, obtêm-se as mesmas modificações sobre o balanço de energia alcançadas com filmes de outras cores, que são a impermeabilização do solo ao vento e à água, e a redução das taxas transmissão de energia entre a atmosfera e o solo.



**Figura 6.** Temperatura do solo (A) e radiação refletida (B) utilizando diferentes tipos de plásticos sobre túnel baixo e variadas cores de filmes plásticos de cobertura do solo.



**Tabela 1.** Propriedades óticas das superfícies cobertas com filmes plásticos normalmente utilizados como cobertura de solo, em termos de radiação de diferentes comprimentos de onda.

Cor do filme plástico	Ondas curtas			Ondas longas		
	$\alpha$	t	a	$\alpha$	t	a
Preto	0,91	0,03	0,01	0,92–0,87 <sup>(1)</sup>		0,67 <sup>(1)</sup>
Branco	0,51	0,48	0,01	0,89 <sup>(1)</sup>		0,51 <sup>(1)</sup>
Prata	0,60	0,39	0,01	0,28 <sup>(1)</sup>		0,09 <sup>(1)</sup>
Transparente	0,05	0,11	0,84	0,05	0,13	0,82

<sup>(1)</sup>Valores do plástico colocado no solo.

$\alpha$  = absorptância; t = transmitância; a = albedo ou reflectância.

Fonte: adaptado de Tarara (2000).

O uso de plásticos coloridos tanto pode elevar a temperatura do solo quanto reduzi-la. Liakatas et al. (1986) e Mormeneo e Cantamutto (1999) verificaram que filmes pretos de cobertura elevam a temperatura do solo mais do que se ele estivesse desnudo; porém, as maiores diferenças ocorrem quando são usados filmes transparentes. Os filmes reflectivos (claros), apesar de aumentarem a reflexão da radiação, elevam a temperatura média do solo mais do que se o solo estivesse sem cobertura. Já Voth e Bringhurst (1990), além de constatarem que o filme transparente aumentava a temperatura do solo mais do que se o solo estivesse desnudo, verificaram que tanto o preto quanto o branco reduziram a temperatura do solo a 6 cm de profundidade, embora todos tenham aumentado a produtividade da cultura significativamente.

Johnson e Fennimore (2005), estudando duas regiões com condições distintas, verificaram que, na região com mais disponibilidade de radiação ( $601 \text{ J cm}^{-2}$  por dia), tanto o plástico transparente quanto os coloridos apresentaram maior número de graus-hora (abaixo de  $10^\circ\text{C}$ ) do que os filmes pretos. Já na região com maior nebulosidade ( $538 \text{ J cm}^{-2}$  por dia), os de cor preta e vermelha apresentaram maior número de graus-hora. Portanto, pode-se verificar que a disponibilidade de radiação é fator preponderante nas transformações. Outro fator importante na transferência de energia entre o filme plástico e o solo é o grau de contato entre eles, pois que o ar não é um bom condutor (TARARA, 2000). Com relação à produtividade das culturas, o plástico transparente proporcionou maior produtividade aos morangueiros de cultivo tradicional em região de alta disponibilidade de radiação e em regiões de cultivo orgânico com baixa disponibilidade de radiação. Em regiões de elevada disponibilidade de energia, porém, houve redução da produtividade, resultante

do uso do plástico transparente em cultivos orgânicos, em virtude do baixo controle de plantas não desejadas.

Locascio et al. (2005) também verificaram modificações da temperatura do solo sob plásticos preto e vermelho. As diferenças dependem da localização e da época do ano em que foram medidas. Segundo os autores, nenhuma cor trouxe mais benefício do que outra.

## Ambientes protegidos com filmes plásticos

Avanços tecnológicos com práticas agrícolas eficientes aumentaram a produtividade do morangueiro no Estado do Rio Grande do Sul. Uma das técnicas que contribuiu para isso foi a cobertura das plantas com filmes plásticos transparentes, por meio de túneis ou estufas. Essa técnica permite que se cultivem morangueiros em condições de elevada precipitação, viabilizando principalmente o controle de doenças, com o emprego de produtos químicos menos tóxicos e até mesmo em quantidade reduzida. Conforme Soria et al. (2009), além de ficar protegida contra a chuva, a cultura do morangueiro é beneficiada por outros fatores, que resultam na elevação da produtividade, sendo maior em túneis altos do que em baixos.

Em outras regiões, como o Centro-Oeste, onde as precipitações são reduzidas, os túneis e as estufas não são tão utilizados. A cobertura também pode proporcionar aumento do período de colheita, tanto produzindo precocemente, em decorrência do aumento da temperatura, como retardando o fim do período de colheita, graças à redução de doenças e ao aumento da vida útil das folhas. No Sul de Portugal, Lopes et al. (1993) verificaram a influência dessa técnica em duas variedades de morangueiro.

Conforme Madail et al. (2007), em regiões do Município de Caxias do Sul, RS, a produtividade pode alcançar 1 kg por planta com o uso de técnicas como as apresentadas na Tabela 2. De acordo com os mesmos autores, o uso dessas três técnicas, associadas com adubação solúvel e irrigação por gotejamento, pode representar aproximadamente 25% do custo de uma lavoura, o que corresponde a aproximadamente R\$ 115.000,00.

Soria et al. (2009), comparando variedades de morangueiro na Espanha, dentro de túneis altos e baixos, verificaram que o uso de túneis altos resultou na antecipação da colheita e no aumento da produtividade, principalmente em algumas variedades, como a Camarosa, que é a mais cultivada naquele país. Por sua vez, a produção em túneis baixos produziu frutos de maior firmeza, os quais são mais adequados para a exportação. Os autores atribuíram

essa alteração dos frutos às elevadas temperaturas dentro dos túneis. Cumpre lembrar que, depois do período mais frio, as plantas com túneis baixos foram descobertas.

**Tabela 2.** Evolução da técnica de cultivo do morangueiro no Rio Grande do Sul e características das técnicas utilizadas nos cultivos.

Ano ou período	Técnicas utilizadas
1956 a 1962	Morango cultivado sem coberturas
1962 a 1968	Cobertura do solo com coberturas vegetais mortas
1969	Início de uso de cobertura do solo com plástico preto e início do uso de irrigação por aspersão
1992 a 1993	Início do uso de cobertura do solo, túneis e irrigação por gotejamento
1995	Uso de outras estruturas como estufas plásticas e túneis altos
1998	Regiões com cultivo de morangueiro com 85% dos produtores utilizando técnicas acima citadas
2000	Uso de variedades insensíveis ao fotoperíodo aumentando o ciclo de produção para mais de um ano

## Túneis baixos

No Sul do Brasil, o uso de túneis baixos é prática comum na produção de morangos. São estruturas com altura e largura menor do que 1 m. São utilizadas para proteger a cultura de fenômenos climáticos adversos, como vento, chuva, granizo e geada. Com a colocação dos túneis sobre a cultura, o balanço energético do sistema é modificado, pois age sobre seus componentes. Com base nas equações apresentadas no início deste capítulo, entende-se que a cobertura do canteiro de plantas com filmes plásticos em forma de túneis altos ou baixos, ou mesmo estufas plásticas, provoca mudanças, conforme se verá a seguir.

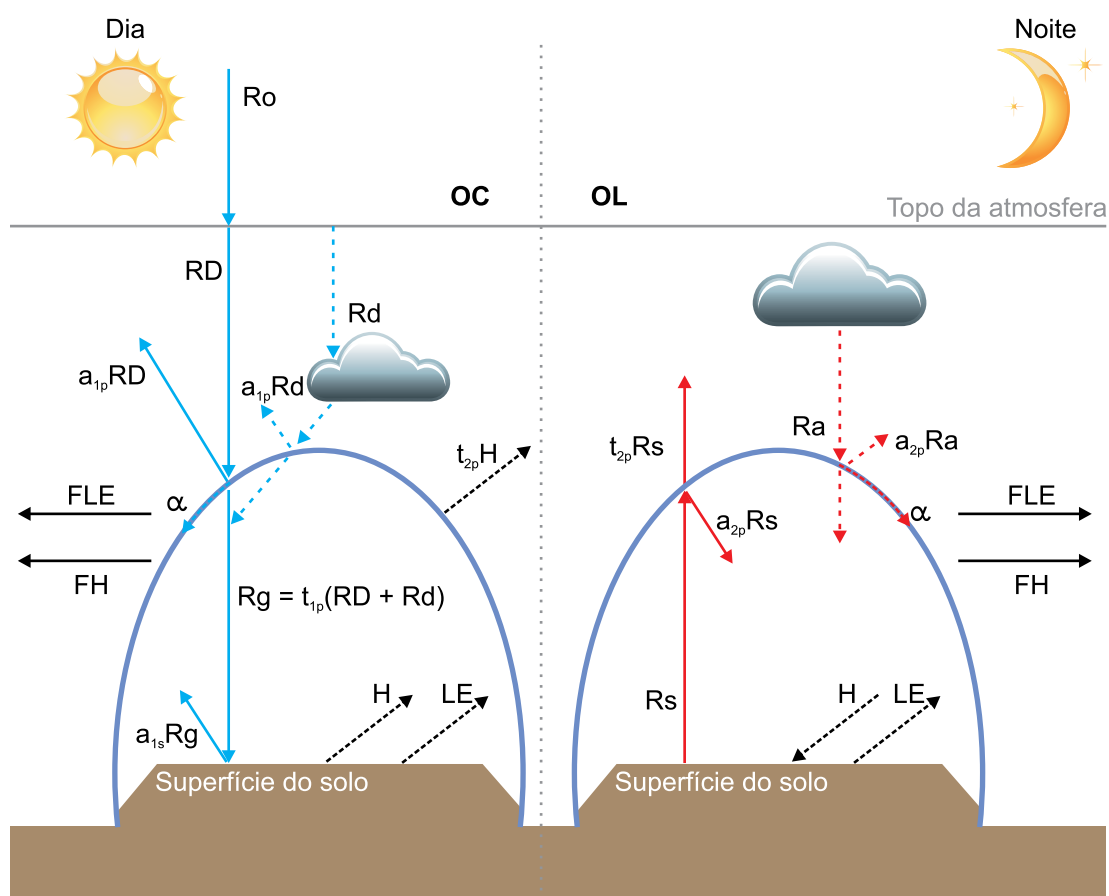
Para facilitar a análise, o balanço será dividido em ondas curtas, que é a principal fonte de energia durante o dia, e ondas longas, que é a principal fonte durante a noite. Embora as ondas longas também ocorram durante o dia, nesse período ela é muito menor em termos absolutos.

O saldo de radiação ( $R_g$ ) ou a energia que entra durante o dia em forma de ondas curtas é reduzido no momento em que entra dentro do ambiente coberto. Sua redução, tanto na direta como na indireta, está relacionada com a transmissividade do filme, ou,

então, com o albedo ou a reflectância da superfície do plástico, que são complementares, desconsiderando-se a absorptância, que, no caso de filme transparente, é muito pequena (Equação 7 e Figura 7).

$$\alpha + t + a = 100 \quad (7)$$

em que  $\alpha$  é a absorptância (%);  $t$  é a transmitância do filme (%); e  $a$  é o albedo ou reflectância (%).



**Figura 7.** Principais componentes dos balanços de radiação e energia de sistemas de proteção de cultura com filmes plásticos: radiação de ondas longas (OL); radiação de ondas curtas (OC); radiação solar incidente no topo da atmosfera ( $R_o$ ); radiação de onda curta solar direta ( $RD$ ); radiação de onda curta solar indireta ou difusa ( $Rd$ ); absorptância ( $\alpha$ ); transmitância ( $t$ ); fluxo de calor sensível ( $H$ ); fluxo de calor latente ( $LE$ ); albedo ( $a$ ); radiação solar global ( $Rg$ ); radiação emitida pelo solo ( $R_s$ ); radiação refletida ou contrarradiação ( $Ra$ ); advecção de calor latente ( $FLE$ ); advecção de calor sensível ( $FH$ ).

Foto: Carlos Reisser Júnior



**Figura 8.** Cobertura do solo com filmes de polietileno preto e cobertura aérea dos canteiros com filme de polietileno transparente, em canteiros cultivados com morangueiros no norte do Rio Grande do Sul.

Os filmes plásticos normalmente utilizados no Brasil para uso em túneis e estufas plásticas são polietilenos de baixa densidade (PEBD) ou polipropileno tecido (PP) (Figura 8). Outro filme mundialmente utilizado é o policloreto de vinil (PVC).

As características de transmissividade e reflectância dos diversos materiais variam conforme sua composição (Tabela 3). Além disso, o tempo exposto ou de uso, a sujidade e a inclinação solar (Tabela 4) influenciam também essas características.

**Tabela 3.** Transmissividade dos materiais usados na cobertura de estufas e túneis.

Propriedade	Transmissividade (%)			
	Cobertura de polietileno de 0,10 mm	Cobertura de PVC de 0,10 mm	Cobertura de polipropileno de 0,12 mm	Cobertura de vidro de 3 mm
Transparência onda curta	70 a 85	80 a 87	83	87 a 90
Transparência onda longa	70 a 80	10 a 30	48	0

Fonte: adaptado de Semedo (1978) e Serrano Cermeño (1994).

**Tabela 4.** Reflectância de materiais de cobertura de acordo com o ângulo de incidência da radiação.

Ângulo de incidência (°C)	Reflectância (%)
0 a 30	8 a 16
70	30 a 40
90	100

Fonte: adaptado de Serrano Cermeño (1994).

A quantidade média recebida dentro de estufas ao longo de determinado período é, portanto, muito diferente das específicas dos diferentes materiais. Sentelhas et al. (1999) verificou que, dentro de miniestufas, a quantidade de radiação global recebida ( $R_g$ ) foi de 20,3% e 35% para PEBD e PVC, respectivamente. Para o saldo de radiação ( $R_n$ ), foi de 22,6% e 39,6%, para os mesmos ambientes.

Conforme observado na Figura 7, esses índices de reflectância e transmitância atuam sobre o sistema, reduzindo a  $R_g$  incidente na superfície e recebendo esse saldo de energia depois de refletida nessa mesma superfície. Portanto, considerando a chegada de onda longa, ela é atenuada, dependendo do tipo da cobertura e da superfície onde a radiação incide. Essa energia disponível é transformada em calor sensível e latente, dependendo da disponibilidade de água e da cobertura (solo, cultura, *mulching*). Se a superfície que recebe a radiação solar for abundante em água, a energia será utilizada na forma de calor latente; se carente em água, será utilizada em calor sensível, que aquecerá tanto o solo quanto a atmosfera.

Se a cobertura com o túnel permanecer fechada, o aumento de umidade relativa do ar, em decorrência da evaporação e da transpiração das plantas, vai aumentar até saturar o ambiente, o que aumentará a resistência da transferência de água de dentro da planta para a atmosfera. Com essa redução de evaporação, cessa a transpiração, aquecendo a superfície das folhas e transformando a radiação solar em calor sensível, mesmo havendo disponibilidade hídrica. Se o ambiente estiver aberto, a ventilação ou advecção do ar do ambiente externo fará uma troca de calor latente, determinando que a planta transpire e reduzindo o calor sensível do ambiente.

Com relação ao calor sensível, esse será tanto maior quanto mais reduzida for a advecção do ar (quanto mais fechado o ambiente) e quanto menor for a disponibilidade de umidade. No caso de solo descoberto, seco ou coberto com *mulching*, quase toda a disponibilidade de radiação se transformará em calor sensível. No caso de uma cultura bem suprida de água, transpirando, uma grande quantidade da radiação se transformará em calor latente, desde que a atmosfera do ambiente não esteja saturada.

Durante o dia, em ambientes fechados, a temperatura da atmosfera eleva-se em virtude da redução ou da restrição dos fluxos de calor latente e sensível, fazendo com que os ganhos de energia sejam muito maiores do que as perdas. Em ambientes com cobertura plástica, o aquecimento não se dá pelo efeito estufa, mas, sim, por um efeito chamado *rat trap* (ratoeira), que aprisiona o ar interno dos ambientes. Não existe o efeito estufa igual ao das coberturas com vidro por causa da alta transmissividade de ondas longas dos filmes

plásticos (Tabela 1). Considerando essas características do filme plástico, Buriol et al. (1997) verificaram que a influência da técnica é maior sobre as temperaturas máximas do que sobre as temperaturas mínimas. Outra característica importante em ambientes protegidos com plástico é a proporção de radiação difusa. Quando os raios solares passam através do filme, parte deles muda de direção, aumentando esse tipo de radiação.

Durante a noite, a única fonte de radiação é a de ondas longas emitidas pelo solo e pela atmosfera. Em estufas e túneis fechados, a restrição da advecção pode fazer com que, dentro dos ambientes protegidos, a temperatura do ar seja mais baixa do que no exterior. Esse efeito se assemelha àquele dos dias de formação de geada, principalmente ao amanhecer, quando ocorrem temperaturas mínimas e sem vento. A radiação advinda do solo e da atmosfera normalmente é reduzida e, assim, não é capaz de manter a temperatura do ar mais alta do que a do exterior. Se a superfície do solo apresentar-se úmida, a probabilidade de temperaturas mais baixas do que as do exterior poderá ser ainda maior. Se o solo se mantiver coberto com coberturas mortas ou plástico, eles poderão reduzir a perda de calor para a atmosfera, mantendo o ambiente aquecido por mais tempo. Outra prática que apresenta o mesmo propósito é a redução do espaço entre a cultura e a cobertura da estufa com plástico, ou, então, o uso de túnel com outra cobertura, como os filmes plásticos refletivos (dupla cobertura da cultura).

## Túneis altos

A análise dos fluxos de radiação e de energia dentro de estufas ou túneis altos deve ser feita de forma similar àquela para túneis baixos. A diferença está apenas na dimensão dos ambientes, já que estufas e túneis altos são maiores, mas os benefícios dos modelos para a cultura são semelhantes. Soria et al. (2009) lembram, porém, que, em alguns países, a exemplo da Espanha, a área de produção de morangos em túneis baixos está sendo totalmente substituída pela de túneis altos. Um dos motivos para isso é o maior rendimento da mão de obra graças às condições ergonômicas favoráveis. Outra razão é o aumento da área de cultivos hidropônicos, que se adaptam melhor a ambientes mais altos (Figura 9).

### Resultados de variados usos e tipos de plásticos

A maioria dos produtores utiliza túnel transparente, tanto em túnel baixo quanto em estufas, mas também se usa o túnel leitoso ou opaco. Na Figura 10A, pode-se observar que praticamente toda a radiação que chega ao ambiente externo do túnel, principalmente



nas horas mais quentes do dia, passa através do túnel transparente. Já o túnel leitoso bloqueia praticamente metade dessa radiação. O túnel leitoso só pode ser utilizado durante todo o ciclo da cultura naquelas regiões que apresentam alta radiação durante todo o ano. Em outras regiões, deve ser colocado apenas no verão, pois, nas outras estações, a quantidade de radiação, sendo baixa, poderá reduzir consideravelmente a produção de frutos.



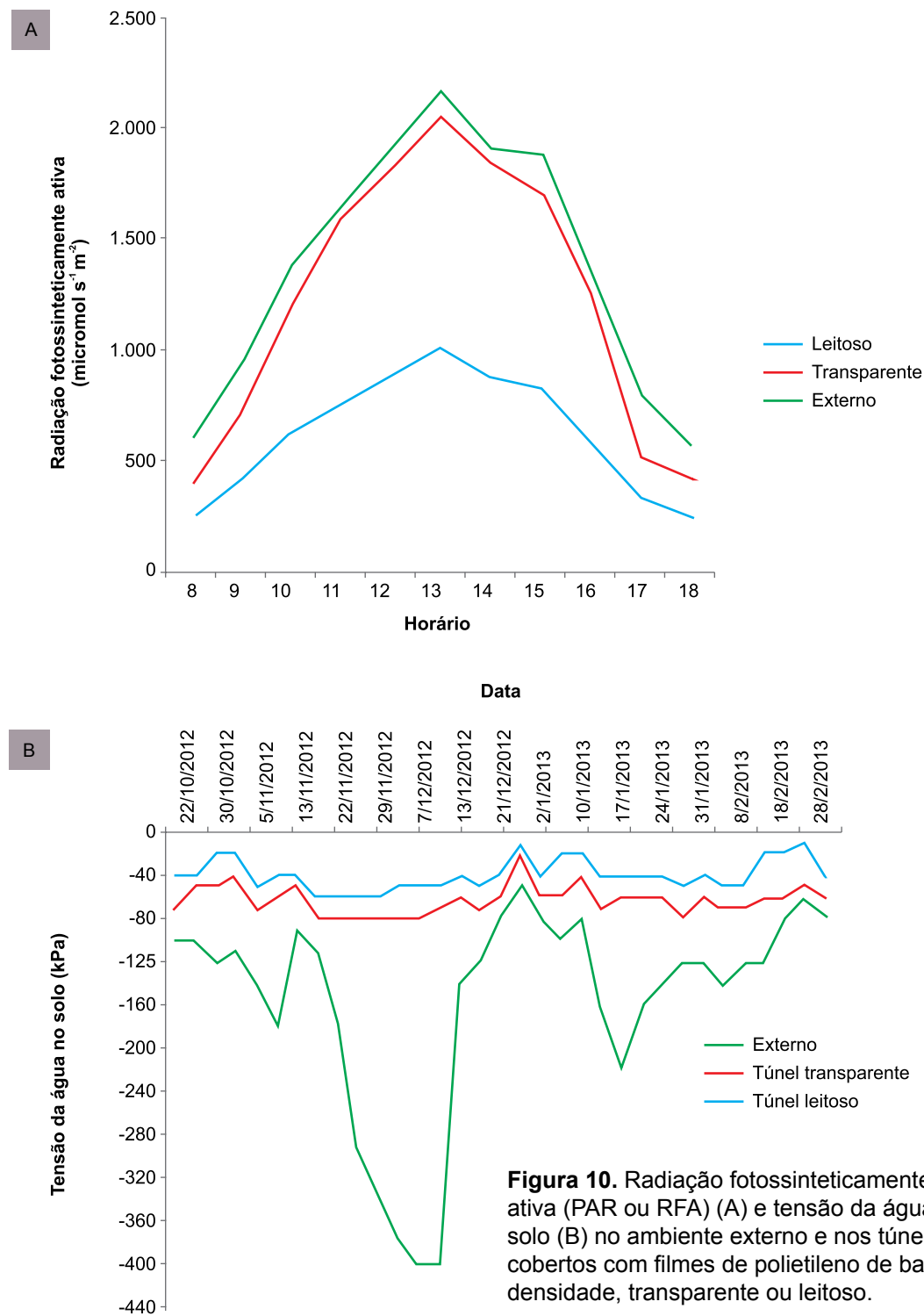
Foto: Carlos Reisser Júnior

**Figura 9.** Cultivo de morangueiro fora do solo, em túneis altos simples, cobertos com polietileno de baixa densidade.

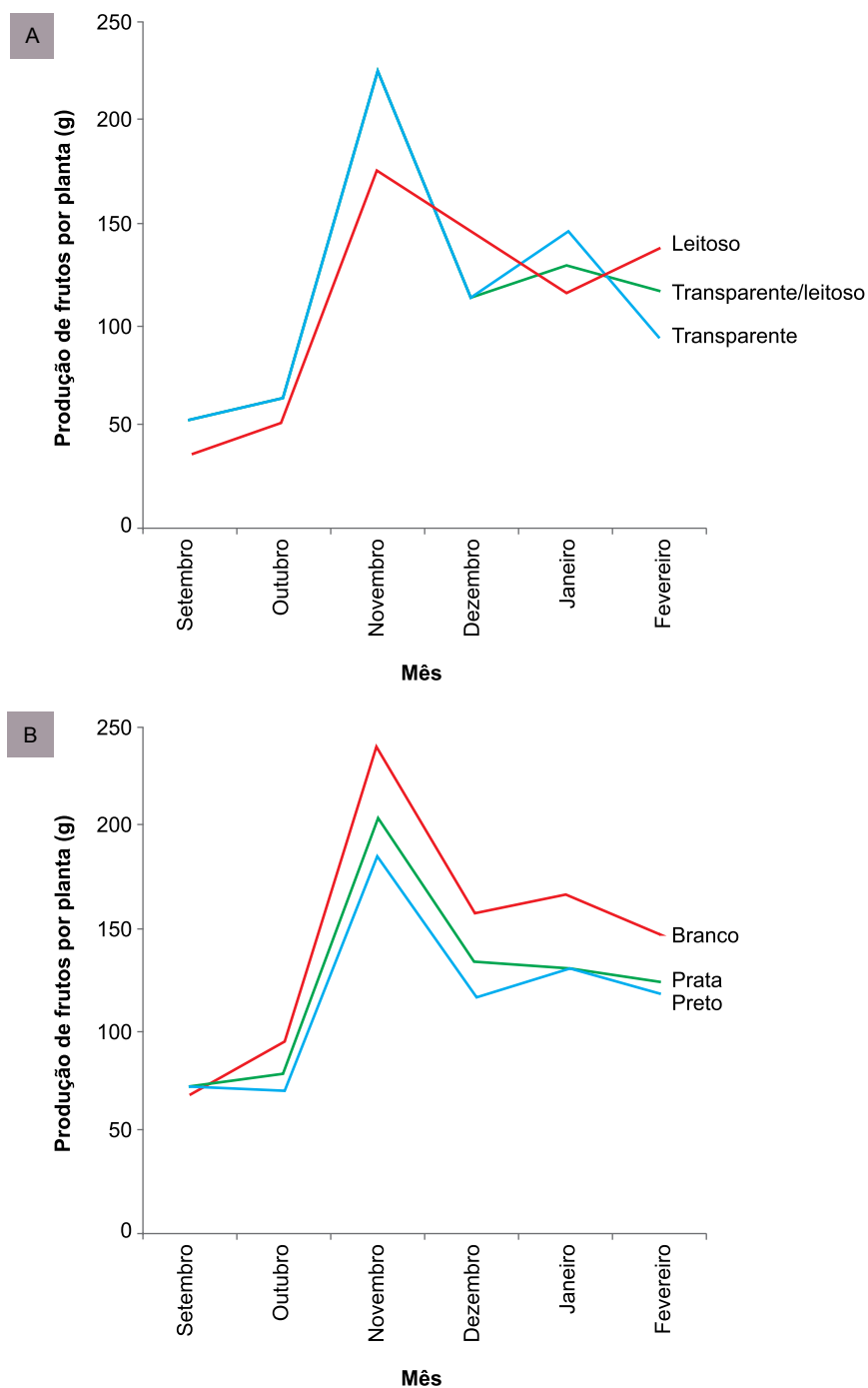
Como, no túnel coberto por filme leitoso, a radiação é menor do que no túnel transparente, seu uso proporciona economia de água, podendo o consumo hídrico pela cultura ser reduzido em até 50% (Figura 3B). A tensão da água no solo indicada para a irrigação da cultura do morangueiro, que, medida pelo tensiômetro, é de -80 kPa, é mais facilmente atingida em túneis com filme transparente ou fora dele do que em túneis cobertos com filme leitoso, o que é observado na Figura 10B. Isso vai determinar a frequência de irrigação.

Comparando-se a produtividade de plantas sob túneis cobertos com plásticos transparentes com a produtividade de plantas cobertas com plástico leitoso, nas estações do ano de menor disponibilidade de radiação e no verão, durante um ciclo de 6 meses do morangueiro, verificou-se que as plantas no túnel transparente apresentam maior produção de frutos do que com o leitoso, até novembro. Além disso, observa-se que parece não haver necessidade de trocar o túnel transparente pelo leitoso no verão, já que a produção em janeiro foi maior utilizando-se o transparente; porém, deve-se observar o que ocorrerá nos próximos meses, pois pode haver queda na produção em fevereiro com o uso do túnel transparente (Figura 11A).

Em plantas sob cobertura plástica do solo de diferentes cores, verificou-se que, naquelas com cobertura branca, a produção de frutos foi maior do que naquelas com outras cores, chegando a planta a produzir 200 g (20%) a mais de frutos por planta em comparação com o plástico preto (Figura 11B). Esse aumento equivale a um acréscimo de aproximadamente 10 t ha<sup>-1</sup>.



Fonte: Vignolo (2015).



**Figura 11.** Produção de frutos por planta conforme o tipo de cobertura do túnel baixo (A) e da cor da cobertura plástica do solo (B).

Fonte: Vignolo (2015).

Utilizando-se como base de cálculo o preço médio do quilo do morango comercializado durante todo o ciclo (ou seja, R\$ 5,00), o produtor poderia ganhar R\$ 50.000,00 a mais por hectare, caso utilizasse o plástico branco no solo em vez do preto (comumente utilizado pelos produtores). Deve-se ressaltar que os dados deste trabalho referem-se a experimentos realizados na região de Pelotas, RS, podendo os resultados variar de região para região.

## Referências

- BURIOL, G. A.; LIBMAN, S. V.; HELDWEIN, A. B.; STRECK, N. A.; SCHNEIDER, F. M. Efeito da ventilação sobre a temperatura e umidade do ar em túneis baixos de polietileno transparente e o crescimento da alface. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 17-24, 1997.
- DECOTEAU, D. R.; KASPERBAUER, M. J.; HUNT, P. G. Mulch surface color affects yield fresh market tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 114, n. 2, p. 216-219, 1989.
- HANCOCK, J. F. **Strawberries**. London: British Library, 2007. 237 p.
- JOHNSON, M. S.; FENNIMORE, S. A. Weed and crop response to colored plastic mulches in strawberry production. **HortScience**, v. 40, n. 5, p. 1371-1375, 2005.
- LIAKATAS, A.; CLARK, J. A.; MONTEITH, J. L. Measurements of the heat balance under plastic mulches. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 36, n. 3, p. 227-239, 1986.
- LOCASCIO, S. J.; GILREATH, J. P.; OLSON, S.; HUTSCHINSON, C. M.; CHASE, C. A. Red and black mulch color affects production of Florida strawberries. **HortScience**, v. 40, n. 1, p. 69-71, 2005.
- LOPES, J. C. G.; PACHECO, C. A. S.; ROSA, A. R. G. **Morango**: ensaio de diferentes formas de forçagem em morangueiro. Faro: Direcção Regional de Agricultura do Algarve, 1993. 25 p. (Série Experimentação, 92).
- MADAIL, J. C. M.; ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C.; BELARMINO, L. C.; NEUTZLING, D. M.; SILVA, B. A. **Economia da produção de morango**: estudo de caso de transição para produção integrada. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 24 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 53).
- SEMEDO, C. M. B. **A intensificação da produção hortícola**: o meio ambiente, a preparação de plantas e a protecção das culturas. Lisboa: Europa-América, 1978. 187 p. (Coleção euroagro, v. 1).
- SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. **Meteorologia agrícola**. Piracicaba: Departamento de Ciências Exatas-ESALQ-Universidade de São Paulo, 1999. 125 p. Material didático.
- SERRANO CERMEÑO, Z. **Construcción de invernaderos**. Madrid: Mundi-Prensa, 1994. 445 p.
- SORIA, C.; LÓPEZ-ARANDA, J. M.; MEDINA, J. J.; MIRANDA, L.; DOMÍNGUEZ, F. J. Evaluation of strawberry production and fruit firmness under small and large tunnels in annual crop system. **Acta Horticulturae**, v. 842, p. 119-124, 2009.
- TARARA, J. M. Microclimate modification with plastic mulch. **HortScience**, v. 35, n. 2, p. 169-180, 2000.
- VIGNOLO, G. K. **Produção e qualidade de morangos durante dois ciclos consecutivos em função da data de poda, tipo de filme do túnel baixo e cor do "mulching" plástico**. 2015. 123 f. Tese (Doutorado em Fruticultura de Clima Temperado) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- VOTH, V.; BRINGHURST, R. S. Culture and physiological manipulation of California strawberries. **HortScience**, v. 25, n. 8, p. 889-892, 1990.

# CAPÍTULO 13

## Manejo da água

Luís Carlos Timm  
Vitor Emanuel Quevedo Tavares  
Adilson Luís Bamberg  
Lessandro Coll Faria  
Carlos Reisser Júnior  
Carina Costa Estrela  
Rosiméri Da Silva Fraga



## Introdução

A forma como os frutos são cultivados no Sul do Brasil é bem diferente das formas utilizadas no restante do País. Durante o verão, a despeito da elevada probabilidade de ocorrência de chuvas, recorre-se à irrigação para compensar a alta evapotranspiração, especialmente se o sistema radicular da fruteira é superficial. O aumento do risco de aparecimento de doenças, decorrente do excesso de chuvas, é reduzido com a cobertura plástica dos canteiros.

Durante os anos 1980, o morangueiro era irrigado pelo sistema de aspersão. Atualmente, é uma das culturas que mais utiliza a irrigação por gotejamento, graças, principalmente, ao uso da cobertura do solo com plástico. O sistema de irrigação por gotejamento sob filme plástico é uma das poucas formas eficientes de complementar a necessidade de adubação da cultura por meio da fertirrigação. Por esse motivo, o sistema teve grande aceitação, tendo sido imediatamente implantado em todo o País. Outro sistema que vem conseguindo uma forte adesão por parte dos produtores é o cultivo hidropônico, por conta de duas características básicas: além de fornecer a quantidade ideal de água e fertilizantes para a cultura, a produção em bancadas elevadas torna a tarefa mais fácil e confortável para o trabalhador, resultando, assim, em maior rendimento de trabalho.

A quantidade de água a aplicar e o momento de fazê-lo representam uma das etapas mais importantes no manejo da água de irrigação. Para que essas questões sejam corretamente respondidas, torna-se necessário conhecer os fatores que afetam o manejo da irrigação, tais como: cultura, solo, clima e características do local onde será instalado o sistema de irrigação e as características do sistema. Nesse sentido, este capítulo tem como objetivo principal divulgar, de forma clara e precisa, informações sobre: a) condições físicas e hídricas de solo para a produção do morango; b) sistemas de irrigação utilizados na irrigação do morango; c) qualidade da água de irrigação aplicada no morango; e d) manejo da água de irrigação.

## Condições físicas e hídricas de solo

O solo é um sistema provido de três fases, que se inter-relacionam com o ambiente por meio de transferências e trocas de matéria e energia com a atmosfera (BRADY; WEIL, 2002; HILLEL, 2003). Por isso, ele é o suporte e a maior reserva mineral para a produção de



alimentos. Mas ele também é um meio para o crescimento das plantas, regulando o fluxo de água no ambiente, estocando e promovendo a ciclagem de elementos na biosfera e servindo como reservatório ambiental para a formação, a atenuação e a degradação de compostos prejudiciais ao ambiente (DORAN, 1997; KARLEN et al., 1997; LARSON; PIERCE, 1994). Por isso, as propostas de melhoria do manejo de solos utilizadas na produção agrícola vêm se direcionando também à sustentabilidade ambiental, incluindo a preocupação com os efeitos dos métodos de produção sobre a diversidade da fauna, da flora e do próprio solo. A preocupação estende-se para a qualidade da água, do ar e do solo. O manejo desses recursos naturais interfere na qualidade e na sanidade dos produtos agropecuários, na conservação do ambiente e no bem-estar do produtor.

A camada arável ou horizonte de solo utilizado para a produção agrícola é geralmente composta pelo horizonte A, região de maior atividade biológica, por ser enriquecida de matéria orgânica e nutrientes, sendo, por isso, a mais fértil. Entretanto, por situar-se na interface com a atmosfera, é também a mais suscetível a desgastes decorrentes da atividade agrícola (HILLEL, 2003). Os principais desafios da agricultura moderna são conciliar o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos gerados com o controle de certos problemas, como erosão, desagregação, desestruturação, encrostamento superficial, compactação, lixiviação de nutrientes, acidificação e salinização. Esses ocorrem principalmente quando não se utilizam práticas adequadas ao manejo e à conservação do solo, ou quando as limitações de uso e a exploração do solo, conforme a aptidão agrícola, não são observadas.

Em se tratando de qualidade do solo para a produção de morango, é importante lembrar que o sistema radicular da cultura desenvolve-se principalmente na camada de solo que compreende a faixa de 0 a 30 cm de profundidade (PIRES et al., 2000). Em áreas tradicionalmente cultivadas, tem se recomendado que alguns indicadores das condições físicas e hídricas, determinados nessa camada de solo, satisfaçam limites críticos e/ou faixas ótimas de valores para maximizar a produtividade agrícola e minimizar as consequências negativas ao ambiente (TOPP et al., 1997). O cultivo de morango requer que o solo apresente adequadas condições físicas e hídricas para que a produtividade e a integridade das frutas não sejam afetadas, garantindo, assim, a máxima valorização do produto no mercado consumidor. Essas condições são avaliadas quantitativamente pelos seguintes indicadores: estabilidade de agregados, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, capacidade de aeração, capacidade de água disponível para as plantas, salinidade do solo, resistência do solo à penetração, o índice S e o índice de estabilidade estrutural. Esses indicadores são determinados diretamente no campo ou em amostras de solo coletadas na

camada de pleno desenvolvimento radicular, que são avaliadas em laboratório, utilizando-se metodologias padronizadas. A diferença entre os resultados encontrados e os limites críticos definidos pela literatura poderá indicar a necessidade de mudanças no manejo, para melhorar a qualidade do solo na produção de morango.

## Indicadores das condições físicas e hídricas do solo

### Estabilidade de agregados

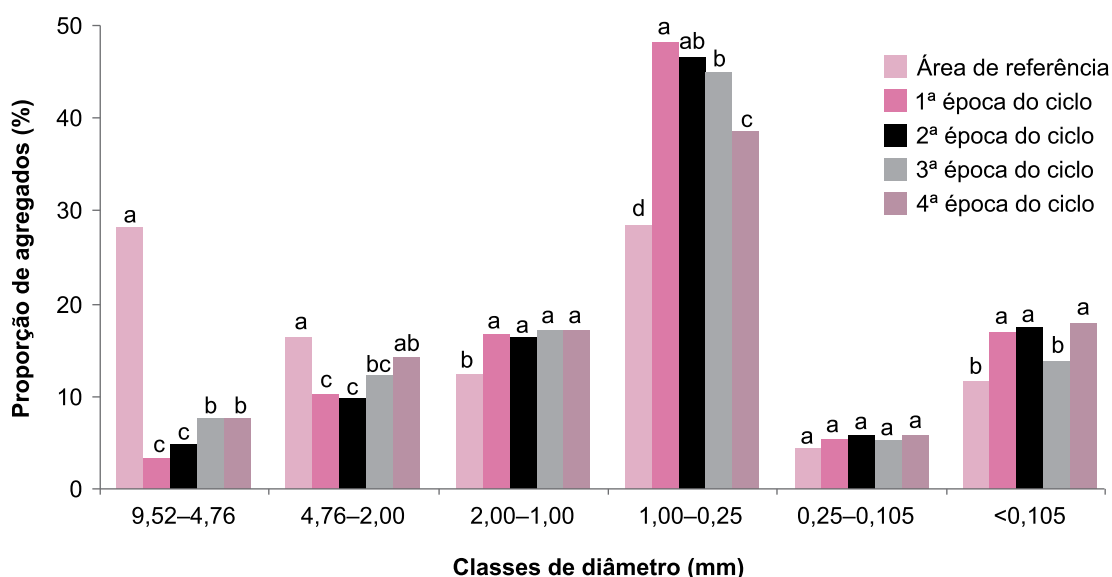
Os agregados do solo são resultantes da união entre partículas minerais e orgânicas em unidades estruturais. A união das partículas cimentantes, como os minerais de argila, com a fração orgânica resulta em flocos ou *clusters*, denominados de microagregados. Os agregados visíveis a olho nu, na ordem de alguns milímetros de diâmetro, são o resultado do agrupamento entre microagregados e partículas maiores, como areia, silte e resíduos vegetais parcialmente decompostos, chamados de macroagregados.

O termo “estabilidade” é usado para descrever a capacidade dos agregados do solo de resistir à desintegração quando submetidos a forças mecânicas e químicas. Certos parâmetros, como a distribuição de agregados em classes de tamanhos e a resistência que oferecem à desagregação, estão diretamente relacionados com o manejo do solo e os processos envolvidos na degradação. A importância também está nas relações que esses parâmetros têm com a erosão, a infiltração e o movimento de água no perfil, a penetração das raízes e a aeração do solo.

A determinação da distribuição de agregados estáveis em água em diferentes classes de tamanho e do diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) é uma forma de quantificar o estado de agregação e a estabilidade de agregados do solo. Os agregados são peneirados em água e geralmente separados em seis classes, de acordo com o seu tamanho: C1 = 9,52 mm - 4,76 mm; C2 = 4,76 mm - 2,00 mm; C3 = 2,00 mm - 1,00 mm; C4 = 1,00 mm - 0,25 mm; C5 = 0,25 mm - 0,105 mm; e C6 < 0,105 mm. De maneira geral, solos com melhor qualidade para a produção agrícola tendem a apresentar maior quantidade de macroagregados (na faixa de 9,52 mm a 2,00 mm), ou seja, nas classes C1 e C2. Na Figura 1, podem ser visualizadas as quantidades de agregados estáveis em água, determinadas em

um estudo conduzido em 14 áreas de produção de morango, localizadas no Município de Turuçu, RS, que foram avaliadas em quatro épocas de coleta (equivalem à 1ª, à 2ª, à 3ª e à 4ª época).

Os resultados encontrados nessas áreas foram comparados aos encontrados em áreas de referência (AF), onde o solo se encontrava em sua condição natural, ou seja, não cultivado. Analisando a figura, observa-se que a distribuição dos agregados na AF concentrou-se nas classes de maior tamanho (C1 e C2), que apresentaram valores médios significativamente superiores aos das demais épocas de coleta. Nas áreas cultivadas, a maior parte dos agregados concentrou-se nas classes de menor diâmetro, C3, C4 e C6, sobretudo na C4.



**Figura 1.** Agregados estáveis em água, distribuídos em seis classes de tamanho, coletados em 14 lavouras de produção de morango, localizadas no Município de Turuçu, RS, em quatro épocas do ciclo da cultura (1ª, 2ª, 3ª e 4ª) e em áreas de referência (AF).

Nota: Letras diferentes indicam diferença significativa entre médias usando o teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Islabão et al. (2011).

Apesar de os valores citados remeterem à degradação da estrutura do solo, isso não significa que o cultivo do morango, da forma como vem sendo feito, leva, por si só, a tal situação. Os sucessivos cultivos com o revolvimento do solo em solos de textura arenosa provocam o fracionamento dos macroagregados e a diminuição do teor de matéria orgânica, já que esta última apresenta baixa proteção física em solos com tais condições. No entanto, cerca de 4 meses depois do preparo do solo, que foi executado com enxada rotativa,

a estrutura do solo começa a se modificar pela reacomodação ou reconsolidação, que faz o solo retornar às condições de pré-revolvimento. Esse fato é visível pela quantidade de macroagregados nas áreas cultivadas, que aumentou significativamente nas classes C1 e C2, com um correspondente decréscimo na classe C4.

A predominância de agregados com diâmetro inferior a 2 mm relaciona-se intimamente com a degradação da estrutura do solo. Os valores médios de DMP encontrados nas áreas cultivadas (em torno de 1 mm) são considerados baixos quando comparados com os encontrados em solos de outras regiões e áreas de referência (áreas não cultivadas). Apesar disso, percebe-se que houve um aumento considerável do DMP 8 meses depois do cultivo (Figura 1), causado não somente pelo reagrupamento de partículas e microagregados do solo, fenômeno que aumenta gradualmente depois da construção dos canteiros, mas, e principalmente, pelos sucessivos ciclos de umedecimento e secagem regidos pela irrigação, que favoreceram a aproximação das partículas e, conseqüentemente, a agregação. Também deve ser considerado o efeito das raízes do morangueiro, as quais, ao longo do seu desenvolvimento, em virtude da retirada da água do solo, promovem a reaproximação de partículas e microagregados, reagrupando-os em agregados maiores.

O aumento do DMP dos agregados do solo nas lavouras de morango em Turuçu, RS, e a sua permanência em níveis mais elevados podem estar relacionados com o aumento da matéria orgânica no solo e com o número de operações de revolvimento necessárias à constituição das lavouras. O plantio de espécies forrageiras após a destruição dos canteiros, durante o período de pousio, e a posterior incorporação da palha das plantas ao solo são práticas recomendadas para isso. Exemplos de espécies tradicionalmente utilizadas para esse fim são: aveia, azevém, ervilhaca, nabo forrageiro, entre outras. A aplicação de resíduos industriais, de culturas e adubos orgânicos disponíveis na propriedade, também são práticas reconhecidamente efetivas para a recuperação e a conservação do solo. Tais materiais fornecem matéria orgânica de rápida decomposição que, além de disponibilizarem nutrientes, atuam como condicionadores de solo, tanto pelo aumento da capacidade de retenção de água quanto pelo incremento da capacidade de troca de cátions que esses materiais podem proporcionar.

## Porosidade e aeração do solo

O espaço poroso do solo é constituído por cavidades de diferentes tamanhos e formas, que dependem do arranjo das partículas sólidas e influenciam a aeração,

a condução e a retenção de água, a resistência à penetração e a ramificação das raízes e, consequentemente, o aproveitamento de água e nutrientes disponíveis (HILLEL, 2003). Costuma-se fazer uma classificação dos poros de acordo com o seu diâmetro, resultando em: a) macroporos: poros com diâmetro ( $d$ )  $> 0,3$  mm, que correspondem aos poros drenados quando o solo é submetido a uma tensão ( $\phi$ ) de 1 kPa, sendo responsáveis pela aeração e pela drenagem do excesso de água no perfil, não armazenando e disponibilizando água para as plantas; b) mesoporos: poros com  $0,05 \text{ mm} \leq d \leq 0,3 \text{ mm}$ , correspondentes aos poros drenados quando o solo é submetido a  $6 \text{ kPa} \leq \phi \leq 1 \text{ kPa}$ ; e c) microporos: poros com  $d < 0,05 \text{ mm}$ , correspondentes aos poros responsáveis pela retenção e pelo armazenamento da água e dos nutrientes nela dissolvidos, podendo estar disponíveis para as plantas dentro de uma determinada faixa de tensão de água no solo.

Para solos cultivados, de uma forma geral a porosidade total considerada ótima é próxima de 50% ( $0,5 \text{ m}^3$  de poros por  $\text{m}^3$  de solo), normalmente dividida na razão de 1/3 de macroporos e 2/3 de microporos para o caso dos solos bem drenados. No entanto, deve-se considerar que solos utilizados na agricultura e na pecuária por anos consecutivos normalmente se apresentam mais compactados, com menor volume de poros, sendo os macroporos os mais afetados. A natureza do solo também exerce influência sobre a porosidade: solos de textura argilosa apresentam de 40% a 60% do seu volume ocupado por poros, principalmente se tiverem alto conteúdo de matéria orgânica, ao passo que solos arenosos raramente ultrapassam 50% ( $0,5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

Mesmo que um valor mínimo ou ótimo de macroporosidade para solos cultivados não seja ainda um consenso entre os especialistas, Carter (1988), Drewry et al. (2001) e Drewry e Paton (2005) sugerem que os primeiros 10 cm dos solos com textura fina a textura média precisam ter de  $0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  a  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (5% a 10%) quando a sua estrutura apresentar-se não degradada, e menor que  $0,04 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  quando degradada por compactação. Mas há quem defina outros tamanhos de poros ou tensões, correspondentes ao limite entre macro, meso e microporosidade. Reichardt (1990), por exemplo, distingue a porosidade total em macro e microporos apenas, utilizando como limite para a macroporosidade a tensão ( $\phi$ ) de 6 kPa, que equivale ao volume de poros drenados com diâmetro  $\geq 0,05 \text{ mm}$ .

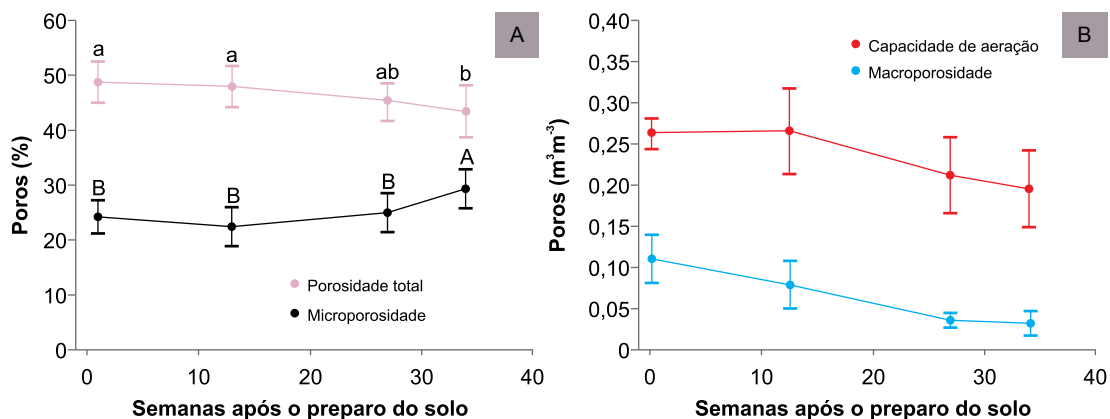
Capacidade de aeração (CA) é o espaço de poros que permite o fluxo de gases no interior do solo, possibilitando a aeração das raízes. Em termos quantitativos, CA é o volume de poros drenados entre a condição de capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) e a condição de saturação ( $\theta_s$ ) do solo, i.e.,  $CA = \theta_s - \theta_{cc}$ . Em solos com baixa capacidade de aeração ou mal aerados, as raízes das plantas encontram dificuldades em se desenvolver, pois tanto a difusão de

gases tóxicos dos poros do solo para a atmosfera quanto a renovação do oxigênio do ar do solo podem ser restritas. Além disso, pode ocorrer severa restrição no desenvolvimento dos microrganismos aeróbios, importantes para a biociclagem de nutrientes para as plantas, que passam a competir, com as raízes, por oxigênio. O valor de  $CA = 0,10 \text{ m}^3$  de poros por  $\text{m}^3$  de solo (limite de  $\approx 10\%$  do volume total do solo) é normalmente utilizado como limite mínimo para evitar a deficiência de aeração na zona de desenvolvimento radicular (REYNOLDS et al., 2007). Entretanto, Cockroft e Olsson (1997) sugerem que valores de  $CA \geq 0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  são desejáveis para solos de textura fina para compensar a baixa difusão de gases e as demandas de respiração da atividade microbiológica, valor que se enquadra no limite mínimo de  $CA > 0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} - 0,17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , sugerido por Drewry (2006) para se obter a máxima produtividade de azevém em solos de textura franco-argilo-arenosa. Carter (1988) também recomendou valor similar ( $CA > 0,14 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) para que a aeração das raízes em solos de textura franco-arenosa fosse adequada.

No mesmo estudo citado, analisou-se a variação dos valores de porosidade total, de microporosidade, de macroporosidade e de porosidade de aeração ao longo do ciclo da cultura do morangueiro (Figura 2A). Os resultados mostram que, logo após a construção dos canteiros, em média os solos apresentam boa porosidade total (48,7%), havendo uma grande quantidade de macroporos (11,3%) quando comparados com os microporos (24,3%) (Figura 2B). Com o término do ciclo produtivo do morango (4ª coleta), cerca de 8 meses após a implantação da lavoura, ocorreu uma redução da porosidade total (de 48,7% para 43,2%) e de macroporos (de 11,3% para 3,4%), enquanto a microporosidade aumentou consideravelmente (de 24,3% para 29,3%). A redução da porosidade total se dá em parte pela destruição de uma fração dos macroporos, e em parte pela redução da transformação de uma parcela de macroporos em microporos.

Contrastando os resultados encontrados com os limites propostos pela literatura, pode-se afirmar que a preparação do solo com enxada rotativa e a confecção dos canteiros da forma realizada para a produção de morango em campo aberto, como em Turuçu, RS, favorece parcialmente as condições físicas do solo requeridas para o bom desenvolvimento do morangueiro, especialmente em áreas previamente compactadas. Aumentando-se a porosidade total, a macroporosidade e a porosidade de aeração no início do ciclo da cultura, cria-se um ambiente mais favorável para o desenvolvimento das raízes das mudas de morango. Com o passar do tempo, a distribuição de tamanho dos poros se modifica, favorecendo o aumento da microporosidade, que passa a ter maior capacidade de armazenar

água, apesar de reduzir a sua velocidade de drenagem e de capacidade de aeração (CA) das raízes (de 27% para 20%) (Figura 2B).



**Figura 2.** Variação temporal da porosidade total e da microporosidade do solo (A) e da porosidade de aeração e da quantidade de macroporos (B) em canteiros de produção de morango, em Turuçú, RS.

Fonte: Bamberg et al. (2011).

## Capacidade de água disponível

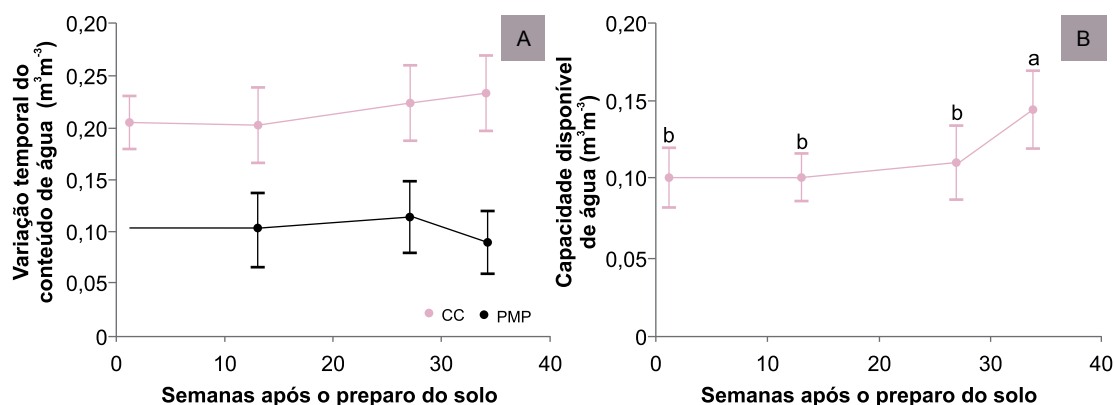
Capacidade de água disponível (CAD) é a quantidade de água armazenada no solo entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP). Para melhor entender sua definição pelo ponto de vista quantitativo, é necessário relembrar os conceitos de CC e de PMP. A capacidade de campo (CC) representa o conteúdo de água que se mantém no solo quando o movimento de descida de água no perfil, após uma chuva ou irrigação, torna-se mínimo. O ponto de murcha permanente (PMP), por sua vez, representa a quantidade de água remanescente no solo depois do período de secagem, mas que fica fortemente retida, de forma que as raízes das plantas não conseguem mais absorvê-la. Conhecendo-se a CAD de um determinado tipo de solo, é possível calcular a quantidade de água a ser recolocada no solo por meio de um evento de irrigação.

Para solos com horizonte A que possuem textura média a textura fina, Hall et al. (1977) propuseram quatro categorias para a CAD: considera-se “ótima” uma  $\text{CAD} > 0,20 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ ; “boa” para  $0,15 \text{ m}^3 \text{m}^{-3} \leq \text{CAD} \leq 0,20 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ ; “limitante” para  $0,10 \text{ m}^3 \text{m}^{-3} \leq \text{CAD} < 0,15 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ ; e “insuficiente” para  $\text{CAD} < 0,10 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ . Essa classificação é condizente com a recomendação



de Cockroft e Olsson (1997), que sugerem a necessidade de que  $CAD \geq 0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para o pleno desenvolvimento radicular e a suscetibilidade mínima aos eventos de estiagem. Os mesmos autores afirmam que solos com  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} < CAD < 0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  são considerados suscetíveis às estiagens.

É importante lembrar que a prática da irrigação tem sido adotada nos cultivos comerciais de morango, sendo o sistema de irrigação por gotejamento o mais encontrado. Esse sistema ajuda a diminuir as limitações que certos solos apresentam quanto a baixos valores de capacidade de água disponível (CAD). Também cabe ressaltar que os efeitos combinados entre o revolvimento do solo durante a construção dos canteiros e a fertirrigação modificam as propriedades físicas dos solos durante o ciclo de cultivo do morango (Figura 3A). Bamberg (2010) desenvolveu um estudo para quantificar a alteração do espaço poroso e a retenção de água no solo em canteiros de produção de morango, em Turuçu, RS, ao longo de um ciclo produtivo da cultura. Foi identificado por esse autor um aumento no valor médio da CAD da ordem de 20% a 25%, alcançado cerca de 8 meses após a construção dos canteiros, a qual foi realizada no início do ciclo produtivo (Figura 3B). Com isso, ele concluiu que, no final do ciclo de produção, a retenção de água no solo aumentou; consequentemente, o manejo da irrigação pode ser ajustado de maneira que a frequência das irrigações possa ser diminuída, mas a quantidade de água a ser aplicada em cada evento de irrigação seja aumentada.



**Figura 3.** Variação temporal do conteúdo de água ( $\phi$ ) na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) (A), e da capacidade de água disponível (CAD) (B), em áreas de produção de morango, em Turuçu, RS.

Fonte: Bamberg (2010).

## Salinidade do solo

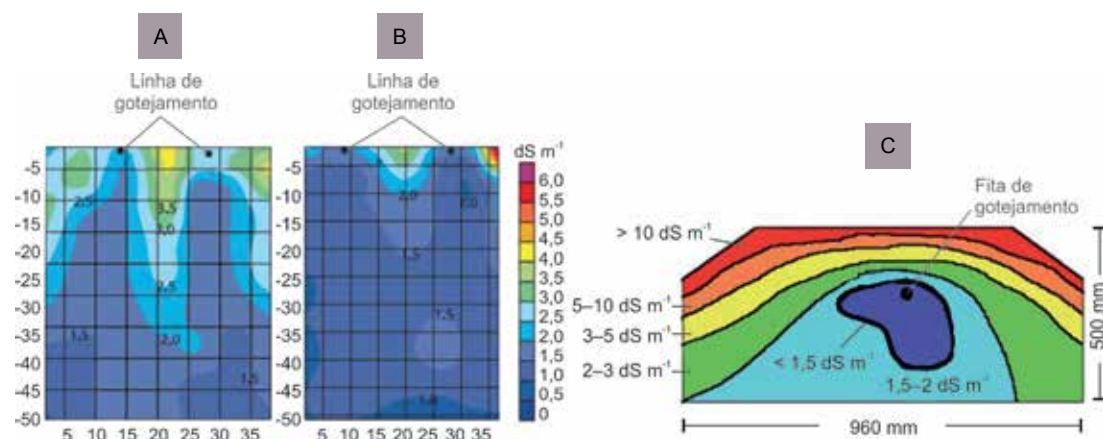
A limitação da produtividade das culturas causada pela salinidade do solo é geralmente encontrada em regiões áridas e semiáridas. Ela acontece por dois motivos: quando os solutos na solução do solo atingem concentrações prejudiciais para a produção das culturas, ou quando baixas precipitações se combinam com altas taxas de evaporação, resultando em lixiviação insuficiente e acúmulo de sais nos horizontes superficiais (HILLEL, 2000; TANJI; KIELEN, 2002). A concentração de sais também pode aumentar em solos sequencialmente irrigados com água de alta condutividade elétrica (CE). A água infiltra-se verticalmente no perfil do solo e carrega sais que são adsorvidos pelas cargas elétricas do solo, num processo cumulativo, até que a concentração de íons no complexo de troca atinja níveis prejudiciais para as culturas.

A aplicação de fertirrigação via sistema de gotejamento e a utilização de cobertura do solo com lona plástica em áreas de produção de morango modificam o regime hídrico e também a composição da solução do solo, podendo acarretar problemas de salinidade, mesmo em regiões de clima úmido e subúmido. A condutividade elétrica do extrato de saturação (CEs) é utilizada para quantificar, de uma forma indireta, os efeitos da salinidade no solo, de modo que valores de CEs  $\geq 1 \text{ dS m}^{-1}$  podem reduzir a produtividade potencial da cultura do morango (EHLIG; BERNSTEIN, 1958; OSAWA, 1965), considerada, por isso, uma das culturas mais sensíveis à salinidade do solo. Avaliando o efeito da salinidade sobre os parâmetros de crescimento de plantas de duas cultivares de morango, Turhan e Eris (2007) concluíram que todos os parâmetros de crescimento das plantas avaliados foram afetados pela salinidade. Segundo os mesmos autores, as plantas de morango conseguem desenvolver mecanismos fisiológicos, como a redução da condutância estomática e da taxa de transpiração, para conviver com o excesso de sais, mas tendem a reduzir sua produtividade.

No Vale de Santa Maria, Califórnia (EUA), Hanson e Bendixen (2004) conduziram um estudo em canteiros de produção de morango irrigado por linhas de gotejadores, instaladas na superfície do solo, e concluíram que o menor nível de salinidade do solo foi encontrado justamente sob as linhas de gotejo, indicando que a lixiviação de sais é beneficiada abaixo delas. Os maiores níveis de salinidade ocorreram entre as linhas de gotejadores e nas bordas dos canteiros (Figuras 4A e 4B). Os valores de CEs ao longo de dois perfis de solo foram comparados, sendo menores em condições de maior aplicação de lâminas de lixiviações, mesmo com a aplicação de água de qualidade similar, mostrando que é possível produzir morango irrigado com água de qualidade inferior, sobretudo se o sistema de

irrigação for por gotejamento e se os maiores níveis de salinidade forem proporcionados por íons como cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Em outro estudo, Schwankl e Hanson (2007) verificaram os efeitos da salinidade do solo onde a irrigação foi realizada por um sistema de gotejamento em subsuperfície (Figura 4C). Os autores verificaram que esse sistema de irrigação é eficiente no controle de perdas de água, porém, em virtude dos maiores níveis de salinidade nas imediações da superfície do solo, ele é mais adequado para a produção de culturas com tubérculos, como batata, não sendo indicado para culturas com sistemas radiculares rasos, como é o caso do morango.

A presença de sais na água de irrigação é determinante para culturas sensíveis à presença de sais, a exemplo do morango. Em estudo sobre a qualidade de água, conduzido por Hanson e Bendixen (2004) em áreas de cultivo de morango, situadas no Vale de Santa Maria, Califórnia (EUA), os autores encontraram valores de condutividade elétrica da água de irrigação que variavam de  $1,00 \text{ dS m}^{-1}$  a  $2,36 \text{ dS m}^{-1}$ , sendo essa água classificada como calcárea/magnesiânica/sulfática. Já as concentrações de cálcio foram um pouco superiores do que as de magnésio, enquanto os sulfatos dominaram as concentrações de ânions. Por isso, mesmo que as áreas de maior produção de morango do Brasil se situem em locais onde a salinidade não tem sido considerada um problema, é importante realizar análises da água de irrigação e do extrato de saturação do solo nas áreas em que se deseja implantar a lavoura de morango, especialmente em regiões de clima mais seco. Essa recomendação é



**Figura 4.** Distribuição dos valores de CE em canteiros de produção de morango irrigado por gotejamento no Vale de Santa Maria, Califórnia: canteiro manejado sem dose de lixiviação (A); canteiro manejado com dose de lixiviação (B); canteiro com irrigação por gotejamento em subsuperfície (C).

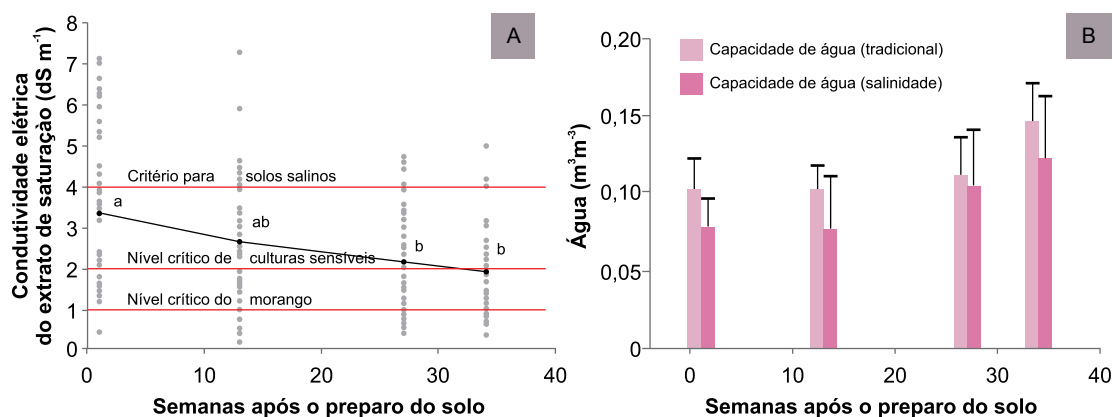
Fonte: Hanson e Bendixen (2004) e Schwankl e Hanson (2007).

importante porque, em locais onde a salinidade do solo na zona de desenvolvimento radicular excede o valor crítico de  $1 \text{ dS m}^{-1}$ , podem ocorrer reduções de produtividade (OSAWA, 1965). Nesses casos, é importante a aplicação da dose de lixiviação, a opção mais viável para controlar a salinidade na zona de atividade radicular.

O efeito dos valores de CEs sobre a produtividade de algumas culturas não é ainda totalmente compreendido. Apesar de a literatura citar o valor de  $\text{CEs} = 1 \text{ Ds m}^{-1}$  como limite crítico para o morango, a tolerância aos sais de algumas culturas cresce sob condições ambientais mais frias e úmidas do que sob condições secas e quentes. A diferença entre variedades também pode ser significativa. Conforme Casierra-Posada e García (2005), a variedade Sweet Charlie mostrou-se mais tolerante à salinidade quanto à produtividade de frutas do que as variedades Chandler e Camarosa. Ademais, sob condições de solo com maiores níveis de Ca e Mg, os valores críticos de salinidade podem ser de  $1 \text{ dS m}^{-1}$  a  $3 \text{ dS m}^{-1}$  superiores aos valores críticos normais, estando o solo em condições de capacidade de campo (MAAS, 1990). Essas possibilidades sugerem que a irrigação por gotejamento proporciona menores níveis de salinidade do solo nas regiões mais próximas das linhas de gotejadores; portanto, além da maior eficiência de aplicação da água, a implantação das mudas da cultura o mais próximo possível dos gotejadores também diminui o risco de que perdas significativas de produtividade sejam geradas pela salinidade.

A salinidade do solo limita a produtividade das culturas pela redução da disponibilidade de água às plantas em virtude do aumento da pressão osmótica da solução do solo. Em lavouras de produção de morango em Turuçu, RS, observou-se que a salinidade do solo, expressa pelos valores de CEs, foi maior no início do cultivo, logo após a adubação e o preparo dos canteiros, apresentando valores médios superiores ao limite crítico para culturas sensíveis à salinidade (Figura 5A).

As altas doses de fertilizantes aplicadas na implantação da lavoura podem ter causado a salinidade nos canteiros. Com o desenvolvimento da cultura e o início da irrigação, a salinidade diminuiu em virtude da provável extração de nutrientes da cultura e da lixiviação de sais para a base dos canteiros, causada pela irrigação. O efeito da salinidade pode ser também visualizado na Figura 5B, pela comparação da CAD com a capacidade de água disponível, considerando a salinidade do solo (CADs) nos canteiros. Pode-se observar que a CAD foi significativamente reduzida quando a salinidade do solo, mensurada pela CEs, foi introduzida como variável no cálculo da CADs.



**Figura 5.** Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEs) e respectivos limites críticos de CEs para solos salinos, culturas sensíveis e morango (A); e capacidade de água disponível obtida da forma tradicional (CAD, considerando CC e PMP) em relação à CAD calculada considerando a salinidade (CADs) dos solos (B), de 15 áreas de produção de morango, em Turuçu, RS.

Fonte: Bamberg (2010).

## Sistemas de irrigação utilizados na cultura do morango

O cultivo do morangueiro é praticado em várias regiões do Brasil e do mundo. Isso só é possível graças à diversificação de cultivares com grande poder de adaptação, tanto ao ambiente em que estão inseridas quanto aos métodos de cultivo e manejo empregados. De acordo com Pereira (2009), essa característica permite que o cultivo do morangueiro ocorra desde regiões frias, como o Sul da Argentina, até regiões quentes, como o Centro-Oeste brasileiro.

A influência do uso de diferentes técnicas de cultivo para a cultura do morango, tais como coberturas do solo, irrigação e cultivos em ambientes protegidos, afeta diretamente o crescimento das plantas e a produtividade da cultura, sendo temas de diversos estudos de pesquisa.

Em razão da sensibilidade do morangueiro ao déficit hídrico, a irrigação torna-se uma técnica de cultivo essencial, elevando a produtividade e melhorando a qualidade final da fruta. O excesso de água e a maneira de ela ser aplicada (método de irrigação) podem, porém, proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças que levam à

queda na produtividade da cultura, ressaltando, assim, a importância de um adequado manejo da água na cultura do morango.

Os períodos críticos de necessidade hídrica do morango ocorrem logo após o transplante das mudas, na formação dos botões, na floração e na frutificação. De acordo com Ronque (1998), nas fases de florescimento e frutificação, o estresse hídrico tem mais efeito sobre a redução da produtividade do que o déficit durante o desenvolvimento vegetativo do morangueiro.

No Brasil, tradicionalmente o morango é cultivado em campo aberto; porém, atualmente, o cultivo protegido, aliado ao método de irrigação por gotejamento, tem sido utilizado com a finalidade de proteger o morango contra fatores climáticos adversos e controlar a incidência de doenças. Entre os métodos de irrigação empregados na cultura do morango, podem-se destacar a irrigação por aspersão e a irrigação localizada.

## Irrigação por aspersão convencional

No sistema de irrigação por aspersão convencional, a água é aplicada na forma de chuva uniforme, sobre toda a superfície do terreno, de maneira que ela se infiltre totalmente no solo. Nesses sistemas, o jato de água em alta velocidade dissipa-se no ar em forma de gotas, distribuindo-se sobre toda a parcela irrigada.

O sistema de irrigação por aspersão convencional pode ser do tipo portátil (todos os componentes do sistema podem ser deslocados de uma área para outra), semiportátil (somente uma parte do sistema pode ser deslocada de uma área para outra) e fixo (não há mudança nas tubulações), sendo composto basicamente de:

- Conjunto motobomba: é fundamental em sistemas pressurizados de irrigação. Os tipos de motores mais utilizados são os elétricos e a diesel. As bombas centrífugas de eixo horizontal geralmente são as mais utilizadas em sistemas de aspersão convencional.
- Linha principal: são tubulações que conduzem a água da motobomba até as linhas secundárias ou laterais.
- Linha secundária: são tubulações que fazem a conexão entre as linhas principal e secundária. Nem sempre existem em sistemas convencionais de aspersão.

- Linha lateral: são tubulações que conduzem a água até os aspersores.
- Acessórios: os registros, as curvas e os cotovelos, as reduções, os têes, os niples, as válvulas (de pé, de retenção), os manômetros, os tubos de subida e os tripés são os acessórios geralmente utilizados.
- Aspersores: são os principais componentes do sistema de irrigação por aspersão. É através dos aspersores que a água é distribuída sobre a cultura. Nos sistemas convencionais, os aspersores rotativos de pressão intermediária (200 kPa a 400 kPa), com um ou dois bocais, são os mais comuns. Esses aspersores irrigam um raio que varia de aproximadamente 10 m a 35 m.

As principais vantagens da aspersão convencional são:

- Adapta-se a diferentes tipos de solo e topografia.
- Permite o controle da lâmina de irrigação.
- Tem potencial para atingir elevada uniformidade.
- Pode ser usada na fertirrigação.

Esse sistema de irrigação pode, porém, ser influenciado negativamente pela ação do vento, que prejudica a uniformidade de aplicação de água. Os sistemas portátil e semiportátil requerem o emprego de elevada mão de obra. Além disso, por molharem a parte aérea da cultura, propiciam condições favoráveis ao aparecimento de doenças, que, no caso do morangueiro (STRASSBURGER et al., 2009), são: mancha da *Mycosphaerella*, pulgão-verde, antracnose, mofo-cinza e ácaro-predador.

Nas condições brasileiras, o sistema de irrigação por aspersão convencional era utilizado na grande maioria das áreas cultivadas com morangueiros. Entretanto, com a atual legislação de recursos hídricos, esse sistema e outros que demandam maior consumo de água e energia vêm perdendo espaço.

De acordo com Reisser Júnior et al. (2009), atualmente apenas pequenos produtores menos tecnificados adotam a irrigação por aspersão convencional na cultura do morango, sendo que essa prática só é recomendada para morangueiros geneticamente resistentes a doenças, mas com baixo potencial produtivo. Essas lavouras geralmente utilizam baixa tecnologia e alcançam produtividades reduzidas, tornando o empreendimento pouco rentável (Figura 6).



O principal benefício da aspersão convencional na cultura do morango consiste no controle de geadas, podendo evitar danos em flores e frutas pequenas. Sendo assim, o sistema de aspersão convencional é utilizado depois do plantio, garantindo a sobrevivência das mudas no campo.

Além do controle de geadas, os sistemas por aspersão são empregados para a produção de mudas. Nesse caso, são empregados microaspersores, de forma que a irrigação cubra toda a área ocupada pelas mudas de morangueiro.



Foto: Luis Carlos Timm

**Figura 6.** Lavoura de morangueiro irrigada com aspersão convencional.

Para obter morangos de qualidade, é preciso utilizar mudas de alta qualidade genética e sanitária, que devem ser produzidas em locais de baixa potencialidade de inóculo de fungos e bactérias e com solo corrigido e adubado (solos com condições físicas ideais para um maior enraizamento e a multiplicação dos estolhos). As matrizes devem ser plantadas em dias frescos, sendo, então, recomendadas irrigações abundantes e periódicas, que vão manter a umidade do solo. O controle de plantas invasoras deve ser previsto, para evitar futuros dissabores.

## Irrigação por gotejamento

A quantidade de água demandada pela irrigação aumentou muito nos últimos anos, paralelamente à preocupação governamental com o uso dos recursos hídricos e energéticos. Nesse contexto, cumpre recorrer ao uso de métodos e técnicas de irrigação que minimizem o consumo de água e energia na produção agrícola.

O sistema de irrigação por gotejamento caracteriza-se pela aplicação de água em pequena quantidade e alta frequência na região radicular da cultura. Sendo assim, a irrigação por gotejamento tem apresentado vantagens em comparação com o sistema convencional

de aspersão, pois não aplica água sobre toda a área irrigada. Além disso, a irrigação por gotejamento tem potencial para atingir elevada uniformidade, possibilitando a aplicação de adubos via água de irrigação (fertirrigação).

Reduzida mão de obra, melhor controle fitossanitário e a não interferência nas práticas culturais são outras vantagens da irrigação por gotejamento. Entretanto, esse sistema de irrigação apresenta maior custo inicial, exigindo água de boa qualidade e eficiente sistema de filtragem para minimizar os problemas de entupimento dos gotejadores.

Na irrigação localizada, os componentes do sistema geralmente são fixos, sendo constituídos de: motobomba, cabeçal de controle, linha principal, linha secundária, linha lateral, válvulas, acessórios e gotejadores.

O cabeçal de controle (Figura 7) é um dos principais componentes da irrigação por gotejamento. Está localizado logo após o conjunto motobomba e no início da linha principal. Em geral, o cabeçal de controle é constituído de sistema de filtragem (filtros de tela, disco e areia), injetores de fertilizantes, válvulas controladoras de pressão, registros, manômetros e sistema de controle e automação.

Estudos realizados na década de 1970 compararam o desempenho do sistema por gotejamento (método de irrigação localizada) com o desempenho do sistema de sulcos (método de irrigação por superfície) na aplicação de água para a cultura do morango. De acordo com Olitta e Minami (1974), a irrigação por gotejamento apresentou melhores resultados. Ademais, a irrigação por sulcos, além de favorecer a lixiviação, cooperava com o aparecimento de doenças.

Recentemente, Kumar e Dey (2011) também constataram a maior eficácia do uso de irrigação por gotejamento em morangueiro. De acordo com os autores, comparando parcelas irrigadas por gotejamento com parcelas irrigadas por sulcos, verificou-se que a primeira, além de proporcionar economia do uso de água (em média de 50%), eleva a produtividade



Foto: Gustavo Guerra Costa

**Figura 7.** Cabeçal de controle usado em irrigação por gotejamento na cultura do morangueiro.

Foto: Luís Carlos Timm



**Figura 8.** Lavoura de morangueiro irrigada por gotejamento e cobertura de solo com filme plástico.

da cultura do morangueiro em aproximadamente 20%.

Atualmente, a irrigação por gotejamento (Figura 8) vem sendo amplamente utilizada na cultura do morango, principalmente por ser facilmente combinável com outras práticas culturais (ambiente protegido e cobertura de solo). Essas práticas reduzem o consumo de água, mantêm a umidade do solo e as frutas limpas, exercem controle sobre ervas daninhas e

melhoram a qualidade e o tamanho das frutas (YUAN et al., 2004). De acordo com esses autores, a irrigação propicia o aumento da produtividade do morangueiro, tendo como resultado frutos mais pesados e em maior quantidade.

### Automação da irrigação por gotejamento

A automação de sistemas de gotejamento atende a várias necessidades: incrementa a produção agrícola com o uso eficiente dos recursos hídricos e energéticos, reduz a mão de obra e facilita a aplicação de fertilizantes através da água de irrigação.

De acordo com Lima et al. (2010), a automação da irrigação abrange várias etapas: a) acionamento do sistema de bombeamento; b) injeção de fertilizantes e retrolavagem de filtros; e c) impressão de relatórios de funcionamento do sistema. E tem basicamente duas funções: a) controlar a irrigação (combinação de hardware com o software que gerencia o sistema, podendo ser em malha aberta ou fechada); e b) proteger o sistema e garantir seu adequado funcionamento (válvula de fluxo, válvula ventosa, válvula antivácuo, válvula de duplo efeito e válvula de alívio).

Testezlaf e Matsura (1999) apontam, como principais vantagens dos sistemas automáticos de controle: a) economia de água, energia, mão de obra e fertilizantes; e b) melhor administração da atividade agrícola, garantida por um monitoramento seguro e preciso.

Entretanto, os sistemas automatizados são de custo elevado, requerem mão de obra especializada, além de não contarem com uma eficiente assistência técnica.

As estratégias de controle utilizadas em sistemas de irrigação podem ser divididas em sistemas de controle em malha aberta e sistemas de controle em malha fechada. A diferença entre eles é que o sistema de malha fechada possui realimentação, ou seja, existem elementos no sistema capazes de enviar informações sobre o processo (elemento a ser controlado, por exemplo, a quantidade de água a ser disponibilizada para a cultura) ao controlador para que ele possa definir seu modo de atuação sobre o processo.

Um sistema de controle de malha aberta possui basicamente dois elementos: o controlador (que pode ser um programador ou uma válvula volumétrica) e os atuadores (que são acionados a distância, como as válvulas hidráulicas, e que atuarão sobre a irrigação). Já os sistemas de malha fechada incorporam um terceiro elemento, que é o sensor, responsável por monitorar variáveis presentes no processo e por realimentar o programador com dados que definirão se é necessário ou não irrigar ou ativar outras ações no sistema.

Na irrigação localizada, os métodos de controle da irrigação podem ser classificados em métodos de controle por tempo ou volume, e métodos de controle sequencial ou não sequencial. A automação com controladores de tempo pode ser realizada por meio de programadores eletrônicos (Figura 9), ou seja, instrumentos que possuem relógio ajustável com a hora real, os quais fecham e abrem circuitos elétricos em horários pré-programados. Esses circuitos acionam os solenoides das válvulas elétricas que são geralmente fechadas e mantidas abertas enquanto recebem um sinal elétrico.



Fotos: Luciano Geisenhoff

**Figura 9.** Controlador digital.

As válvulas solenoides (válvulas compostas de um eletroímã, isto é, uma bobina elétrica, que, quando acionada, gera um campo magnético que move um elemento metálico) são acionadas por meio de um controlador lógico programável (Figura 10). Costa (2011) utilizou, na irrigação do morangueiro por gotejamento, um controlador digital que operava o tempo necessário para repor a lâmina de água indicada indiretamente por meio de tensiômetros (Figura 9).

Fotos: Gustavo Guerra Costa



**Figura 10.** Válvulas solenoides.

Esses controladores podem operar em diferentes intervalos de tempo (minutos ou mesmo segundos) e permitem a programação da irrigação por períodos de 24 horas, com repetições diárias, podendo, ademais, estabelecer os dias da semana nos quais a irrigação deverá funcionar. De acordo com Lima et al. (2010), a programação por tempo é confiável e tem um custo relativamente baixo, sendo de fácil combinação com a partida e a parada do conjunto motobomba. Apresenta, porém, como inconveniente o fato de que, se a vazão do sistema por algum motivo for alterada, a lâmina d'água requerida e programada não será aplicada na quantidade prevista.

Na automação com controladores de volume, estabelece-se a quantidade de água a ser aplicada em cada evento de irrigação; assim, quando o volume preestabelecido é atingido, a passagem de água é automaticamente interrompida.

No método de controle sequencial, é possível irrigar toda a área de uma só vez, sendo utilizado um temporizador ou uma válvula volumétrica, que se fecha automaticamente quando o volume preestabelecido de água é aplicado. Porém, em grandes áreas irrigadas que requerem elevado volume de água, costuma-se dividir a área em parcelas, que são



irrigadas de forma sequencial, ou seja, em ordem preestabelecida, de acordo com as necessidades de irrigação. O ciclo finalizará quando todas as parcelas tiverem sido irrigadas.

Quando o funcionamento é automático e independente, em termos de tempo e volume, utilizam-se controladores não sequenciais, ou seja, cada válvula pode fornecer diferentes volumes de água, em tempos diferentes. Esse sistema controla válvulas independentes entre si, tanto do ponto de vista de volume aplicado quanto no que concerne à frequência de irrigação, sendo que cada parcela pode receber distintas lâminas de irrigação.

Em sistemas localizados de irrigação, a automação tem sido empregada também na aplicação de adubos via água de irrigação (fertirrigação), possibilitando variadas opções de operação, que vão desde o funcionamento de um tanque misturador de fertilizantes até um sistema completo que controla o valor da condutividade elétrica e o pH na água de irrigação, incluindo operação de bombas, dispositivos de diagnóstico de falhas e defeitos (LIMA et al., 2010).

A grande vantagem da utilização de controladores automáticos no fornecimento de nutrientes às plantas consiste na redução de gastos operacionais e na racionalização do uso dos recursos hídricos na propriedade agrícola, aumentando a eficiência da aplicação de água e fertilizantes e reduzindo os custos com energia, insumos e mão de obra.

A automação da irrigação vem sendo utilizada cada vez mais, graças ao aumento do emprego de novas tecnologias, como o uso de redes sem fio (*wireless*), e à tendência natural de diminuição do preço de sensores e equipamentos.

## Qualidade da água e fontes de captação para a irrigação do morangueiro

O morangueiro é uma cultura de ciclo curto, com sistema radicular relativamente superficial, que apresenta alta exigência de água e que esteja facilmente disponível no solo, para que se possam atingir elevados níveis de produtividade e boa qualidade das frutas. Dessa forma, a irrigação – antes considerada como opção técnica para a garantia de produção em locais ou períodos onde predomina a seca – passou a ser utilizada como estratégia para aumentar a produção e a rentabilidade da produção de morangos. A irrigação resulta ainda em garantia de produtividade, pois, independentemente da ocorrência de precipitações, proporciona que, normalmente, seja alcançada uma produção perto da

máxima esperada, viabilizando o retorno adequado dos investimentos de capital necessários à exploração agrícola.

A característica da água usada na produção de morangos interfere direta ou indiretamente na qualidade do produto in natura, já que pode afetar alguns atributos do solo, a sanidade das frutas, bem como o funcionamento do sistema de irrigação por gotejamento. Além disso, tem havido pressão social – por parte das autoridades competentes e principalmente por parte dos consumidores da fruta in natura – sobre a cadeia produtiva do morango, com relação aos aspectos de segurança alimentar e rastreabilidade do produto.

A qualidade dos recursos hídricos é determinada por fenômenos naturais e pela ação do homem, em virtude da propriedade solvente da água e da sua capacidade de transportar partículas, incorporando a si diversas impurezas (SPERLING, 1996).

Os corpos hídricos apresentam certas características físicas, químicas e biológicas que determinam a qualidade das águas de um manancial, não só para o atendimento das demandas humanas, como também para a manutenção dos ecossistemas. A variação dessas características determina o estado de conservação ou deterioração da qualidade das águas destinadas aos mais diversos usos. Para Philip Junior et al. (2004), poluição da água é a alteração de suas características físicas, químicas ou biológicas que prejudiquem um ou mais dos seus múltiplos usos.

A poluição da água pode ser classificada de acordo com o agente poluidor, ou seja, sedimentos, esgotos, agentes causadores de doenças, nutrientes inorgânicos, compostos orgânicos, processos químicos inorgânicos, substâncias radioativas e poluição térmica (COSTA; COSTA, 2004). Essas, por sua vez, dividem-se em fontes pontuais de poluição (efluentes gerados em estabelecimentos industriais, agroindustriais, comerciais e de serviços urbanos) e fontes difusas de poluição (atividades agrícolas e pecuárias, com especial referência aos perímetros irrigados e aos confinamentos de animais de grande porte), que contaminam as águas, manifestando-se por meio da alteração das características do manancial (RODRIGUES et al., 2004).

O comprometimento da qualidade da água dá-se por uma série de fatores, que põem em risco a saúde das populações humana e animal e empobrecem o solo, afetando a economia das regiões. Entre esses efeitos estão: a alteração da qualidade das águas superficiais, a elevação dos custos de tratamento de águas para o consumo humano, o empobrecimento dos solos e o aumento da frequência e da magnitude das enchentes (BERTOL, 2005).



Quirino et al. (1999) relatam que tanto as águas superficiais quanto os mananciais subterrâneos vêm sendo prejudicados pelo desenvolvimento agropecuário, em decorrência de condições climáticas adversas e do desconhecimento dos agricultores sobre o manejo adequado do solo.

A agricultura brasileira, conforme explicam Rodrigues et al. (2004), gera problemas ambientais os mais variados, como: a) destruição da cobertura vegetal e a consequente destruição dos solos; b) utilização de insumos e máquinas em excesso na tentativa de corrigir os problemas de fertilidade, associados a problemas de qualidade da produção e de comprometimento da saúde de trabalhadores e consumidores; e c) avanço das áreas agrícolas sobre as reservas naturais, como forma de reposição dos solos tornados inadequados à agricultura.

## Relação entre qualidade da água e funcionamento dos sistemas de irrigação

A irrigação depende tanto da qualidade quanto da quantidade de água de um determinado corpo hídrico. Usados irracional e intensivamente, os corpos hídricos vêm, atualmente, sofrendo muitas alterações. Por sua vez, a qualidade da água exigida para garantir uma produção que atenda às demandas impostas pelos exigentes mercados compradores de frutas e produtos agrícolas in natura é uma questão candente (RODRIGUES et al., 2004). Por esse motivo, a demanda de água para irrigação é um assunto a ser tratado com a máxima atenção.

Os problemas relativos à qualidade da água de irrigação variam em tipo e intensidade, e dependem do solo e do clima, assim como da habilidade e do conhecimento sobre o manejo da água no sistema solo-planta-atmosfera, por parte do usuário. Ayers e Westcot (1999) comentam que os problemas mais comuns estão relacionados com a salinidade do solo, a infiltração de água e a toxicidade de íons específicos, sem contar com outras questões, como o excesso de nutrientes e oligoelementos e a corrosão de equipamentos.

O principal problema operacional relacionado ao sistema de irrigação por gotejamento, por exemplo, é a obstrução de emissores, que provoca a diminuição da vida útil dos componentes do sistema e compromete a uniformidade da irrigação. O tipo e a intensidade do efeito da variação da qualidade da água utilizada na irrigação podem variar,

entre outros fatores, conforme o tipo de fonte de captação dessa água, o clima da região e o manejo de irrigação adotado pelo agricultor.

Em relação à contaminação dos produtos agrícolas, os diferentes métodos de irrigação podem, conforme sua especificidade, levar à contaminação de toda a planta, ou da parte aérea, ou, então, apenas do sistema radicular (MATTOS, 2003).

A irrigação localizada consiste na distribuição de água por uma rede de tubos, com emissores afixados, responsáveis por aplicar a água muito próximo ou diretamente sobre o solo, em baixa intensidade e em alta frequência. Essa rede apresenta um elevado potencial de produtividade e de uso eficiente da água na irrigação (MANTOVANI et al., 2006). A aplicação da água diretamente sobre o solo, através de sistemas de irrigação por gotejamento, ou por sulcos, diminui a contaminação de folhas e frutos, o que dificilmente ocorre. Já na maioria dos sistemas de irrigação por aspersão, além do solo, toda a parte aérea da planta é molhada, o que aumenta a possibilidade de contaminação dos frutos através da água de irrigação. Portanto, o sistema de irrigação adotado determina o estabelecimento das características desejáveis de qualidade da água, especialmente na produção de vegetais consumidos crus, sem remoção de película, como o morango, para os quais uma alta qualidade de água é exigida, a fim de evitar sua contaminação.

Vieira et al. (2004) relatam que a uniformidade na distribuição de água é um dos aspectos mais importantes no sistema de irrigação localizada por gotejamento. Advertem, porém, que obstruções físicas dos emissores podem comprometer essa uniformidade, causando danos às culturas. De acordo com diversos autores (NAKAYAMA; BUCKS, 1986 citado por VANZELA, 2004; OLITTA, 1984; VIEIRA et al., 2004; ZAMBERLAN, 2007), a obstrução física de tubulações e emissores é um dos principais problemas relacionados à qualidade da água usada nesse sistema de irrigação.

As origens do entupimento de emissores foram classificadas, quanto à causa, em: a) físicas: entupimento causado por partículas minerais e orgânicas; b) químicas: entupimento causado por precipitação de sais; e c) biológicas: entupimento causado pelo desenvolvimento de microrganismos (MANTOVANI et al., 2006).

As partículas minerais e orgânicas podem e devem ser evitadas instalando-se sistemas de filtragem, com filtros de areia, de tela, de discos ou de ação centrífuga, comumente usados na irrigação localizada. Os filtros de discos são compostos por um conjunto de pequenos anéis, com ranhuras, presos sobre um suporte central cilíndrico e perfurado, que filtra a água quando ela passa pelos pequenos condutos formados entre os anéis

consecutivos. São mais eficientes do que os filtros de tela e mais fáceis de limpar do que os outros (BERNARDO et al., 2006).

Hernandez et al. (2001) informam que a literatura brasileira traz poucos estudos relacionados à qualidade da água; entretanto, com o avanço da utilização da irrigação localizada, começam a vir a público problemas de perda de desempenho de equipamentos em decorrência de condições inadequadas da qualidade da água. A sensibilidade ao entupimento dos diferentes tipos de gotejador e a qualidade da água a ser usada na irrigação determinam o dimensionamento do sistema a ser adotado, bem como a viabilidade do uso do método de irrigação. Diversos autores, como Resende et al. (2001), Ribeiro et al. (2005), Scatolini e Paterniani (2001) e Testezlaf et al. (2001), vêm destacando a importância de avaliar a qualidade da água, principalmente em sistemas de irrigação por gotejamento.

## Parâmetros de qualidade da água em sistemas de irrigação por gotejamento

Mota (1995) descreve que, para cada uso que se pretende fazer de uma determinada água, existem limites máximos de impurezas que a água pode conter. Esses limites são chamados de padrões de qualidade, que definem a viabilidade de determinada utilização para um dado recurso hídrico. Os parâmetros de qualidade da água, segundo Sperling (1996), traduzem as características químicas, físicas e biológicas de um recurso hídrico, retratando os diversos componentes que podem alterar o grau de pureza da água. Para classificar os corpos d'água, visando assegurar seus níveis de qualidade e, conseqüentemente, seus usos preponderantes, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) normatizou, pela Resolução nº 357/2005 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005), as análises de condições e de padrões específicos.

De acordo com aquela resolução, as águas doces e respectivos padrões de qualidade classificam-se em:

**Classe especial** – Águas destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

**Classe 1** – Águas que possam ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, depois de tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme

Resolução Conama nº 274/2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas, sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.

**Classe 2** – Águas que possam ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, depois de tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução Conama nº 274/2000; d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, e também de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca.

**Classe 3** – Águas que possam ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, depois de tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.

**Classe 4** – Águas que possam ser destinadas: a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

Os parâmetros utilizados para a avaliação da qualidade da água são, geralmente, classificados em químicos, físicos e biológicos, sendo os mais comuns, no que se refere à irrigação, os descritos a seguir.

## Parâmetros químicos

### Potencial hidrogeniônico (pH)

O valor do potencial hidrogeniônico (pH) não indica a quantidade de ácidos das amostras de água ou efluentes, mas sim a intensidade de acidez ou de alcalinidade da amostra (FRAVET; CRUZ, 2007). Segundo Sperling (1996), o pH representa a concentração de íons hidrogênio  $H^+$ , dando uma indicação sobre a condição de acidez, a neutralidade ou a alcalinidade da água, sendo sua faixa de variação de 0 a 14.

Os constituintes responsáveis pelo pH na água são os sólidos dissolvidos e os gases dissolvidos. Sua origem natural dá-se pela dissolução de rochas, pela absorção de gases da atmosfera, pela oxidação da matéria orgânica e pelo processo de fotossíntese, tendo como origem antropogênica os despejos domésticos e industriais (SPERLING, 1996).

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente em decorrência de seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies, e apresenta também efeitos indiretos, considerados muito importantes, pois, em determinadas condições, contribuem para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, que exercem efeitos sobre a solubilidade de nutrientes (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2003).

De acordo com Nakayama e Bucks (1986 citado por VANZELA, 2004; ZAMBERLAN, 2007; ESTRELA et al., 2008), o pH é um parâmetro químico que pode contribuir para a obstrução de tubulações e emissores em sistemas de irrigação localizada. Águas com valores de pH acima de 7 podem favorecer a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio em águas com alta dureza e a precipitação de alguns fertilizantes fosfatados de baixa solubilidade, quando utilizados para a fertirrigação, sendo que o potencial de risco de causar danos ao sistema é considerado baixo para valores de pH até 7,0, moderado entre 7,0 e 8,0 e severo para valores de pH acima de 8,0 (COELHO et al., 2002 citado por VANZELA, 2004; GOMES et al., 2007).

Já Borges e Silva (2002 citado por FIORAVANTE et al., 2004) salientam que um baixo valor de pH pode provocar a solubilização e a liberação de metais dos sedimentos, alterar a concentração de fósforo e nitrogênio e ainda dificultar a decomposição da matéria orgânica, enquanto um pH alto pode ser prejudicial, no caso da fertirrigação, pela insolubilização de fertilizantes. O meio exerce interferências sobre os valores de pH através do processo de fotossíntese realizado por plantas aquáticas, que consomem oxigênio dissolvido durante o dia, elevando o pH do meio e liberando gás carbônico, reduzindo seus valores (BRAGA et al., 2005).

### **Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica é uma expressão numérica da capacidade que uma água apresenta de conduzir corrente elétrica. Representa uma medida indireta da concentração de poluentes por indicar a quantidade de sais presentes na coluna de água que estão relacionados com as concentrações iônicas e com a temperatura do corpo hídrico (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2003).

Os sais presentes na água originam-se da dissolução ou da intemperização das rochas e solos, incluindo a dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais (AYERS; WESTCOT, 1999). Podem ter origem antrópica, resultante do lançamento de esgotos não

tratados, que podem contribuir com a carga de sólidos dissolvidos, os quais, por sua vez, possam corresponder aos sais dissolvidos (SPERLING, 1996).

À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados à água, sua condutividade aumenta, chegando a altos valores, que podem indicar características corrosivas, fornecendo uma boa indicação das modificações na composição de uma determinada água (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2003).

Os sais presentes na água de irrigação podem ser provenientes de fontes primárias (rocha e solo), de água de drenagem e de intrusão salina. A qualidade da água de irrigação pode variar segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos, que são encontrados em quantidade pequena, porém muitas vezes significativa. Levados pelas águas de irrigação, os sais depositam-se e acumulam-se no solo (AYERS; WESTCOT, 1999).

O manejo adequado da salinidade é de fundamental importância para o sucesso da agricultura irrigada. Para tanto, são necessárias certas práticas, tais como: aplicação de lâminas de água excedentes para a lixiviação de sais no solo; utilização de culturas tolerantes à salinidade; e construção de sistemas de drenagem (SANTOS, 2000 citado por COSTA et al., 2005). O produtor rural geralmente irriga em excesso, muitas vezes por desconhecer os métodos de controle da irrigação e temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, o que poderia comprometer a produção. Esse excesso tem como consequência, além dos danos ao solo e às plantas, o desperdício de energia e da água usadas em um bombeamento desnecessário (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS, 1993 citado por COSTA et al., 2005).

Para a irrigação, o principal problema do excesso de sais na água é a sua acumulação no solo, especialmente em regiões áridas e semiáridas, pois, enquanto a água é evaporada ou consumida pelas culturas, os sais permanecem no solo, aumentando o potencial osmótico da água e dificultando sua utilização pelas plantas.

### **Ferro total**

O ferro está presente na forma insolúvel ( $\text{Fe}^{3+}$ ) em uma grande quantidade de solos; e na forma solúvel ( $\text{Fe}^{2+}$ ) em águas com ausência de oxigênio dissolvido, como água subterrânea e do fundo de lagos. Quando a água contendo as formas reduzidas de ferro é exposta ao ar, o ferro volta a oxidar-se e retorna à sua forma insolúvel (SPERLING, 1996). As situações transitórias do escoamento no interior das tubulações, no caso da irrigação localizada, podem favorecer a oxigenação da água e, conseqüentemente, a precipitação do ferro (VANZELA, 2004).

Conforme descrevem Cordeiro (2002), Vanzela et al. (2003), Vieira et al. (2004) e Zamberlan (2007), o ferro, ao oxidar-se, pode causar danos aos sistemas de irrigação, obstruindo tubulações e orifícios de emissores, principalmente quando se trata de sistemas de irrigação localizada.

A presença natural do ferro na água é devida à intemperização dos materiais de origem do reservatório, como solos e rochas, bem como ao carreamento de materiais sólidos do entorno da bacia, em razão das ações antrópicas decorrentes das atividades desenvolvidas na área de captação do reservatório (ZAMBERLAN, 2007). Com a precária conservação dos solos no meio rural, os processos de erosão e assoreamento aumentam consideravelmente a quantidade de solo em contato com a água, resultando no aumento da concentração de ferro, tanto solúvel quanto em suspensão (VANZELA, 2004). No meio urbano, os despejos industriais são as principais fontes de poluição que podem contribuir com o incremento significativo de ferro na água (SPERLING, 1996).

O ferro é considerado por Hernandez et al. (2001) um grave problema na água destinada à irrigação em virtude da sua capacidade de obstruir as tubulações e os emissores dos sistemas localizados. Sendo solúvel, ao atravessar o sistema de filtragem, o ferro pode se oxidar, tornando-se insolúvel. Fica, assim, retido no sistema de irrigação, o que pode provocar a perda de carga nas tubulações e comprometer o projeto de irrigação. Os autores ainda ressaltam que os problemas produzidos por complexos de ferro agravam-se quando o pH da água encontra-se entre 7,0 e 7,8, fato que, somado a altas temperaturas, favorece a precipitação química.

### **Oxigênio dissolvido**

O oxigênio dissolvido é o agente oxidante mais importante em águas naturais. A água é aerada através do fluxo de cursos de água e rios pouco profundos, sendo continuamente reabastecida de oxigênio. A água estagnada ou a que está situada próximo ao fundo de um lago de grande profundidade apresenta frequentemente ausência de oxigênio, por ser muito lento o processo de difusão. Para Sperling (1996), as fontes naturais de oxigênio devem-se à dissolução do oxigênio atmosférico e da sua produção através da fotossíntese, podendo haver a introdução de oxigênio por meio da aeração artificial.

O parâmetro oxigênio dissolvido é usado no controle operacional de estações de tratamento de esgotos e na caracterização de corpos d'água, por ser vital para os organismos aeróbios e para a estabilização de matéria orgânica por bactérias (SPERLING, 1996). Altas



concentrações de  $O_2$  indicam águas de boa qualidade, enquanto baixas concentrações de  $O_2$  podem ser resultantes de elevado consumo de oxigênio, para a decomposição de matéria orgânica, o que é um indicativo de contaminação orgânica. Embora não seja um parâmetro muito utilizado na caracterização da qualidade de água para a irrigação, é, como já se falou, um indicativo da poluição orgânica (MORAES, 2001 citado por FRANCO et al., 2007).

A quantidade de matéria orgânica em um corpo hídrico propicia a formação de uma grande quantidade de bactérias decompositoras, que consomem o oxigênio disponível no processo de estabilização, reduzindo significativamente sua concentração na água. No entanto, os corpos d'água têm capacidade de recuperação das condições naturais de oxigênio dissolvido, por meio da autodepuração, considerada como o equilíbrio no meio aquático, por mecanismos essencialmente naturais, depois de alterações induzidas por despejos provenientes de atividades antrópicas (SPERLING, 1996).

### **Dureza**

A dureza é constituída por sólidos dissolvidos em um corpo hídrico. Está relacionada principalmente com a presença dos cátions cálcio e magnésio (SPERLING, 1996), que reagem com os ânions presentes, formando precipitados, o que relaciona diretamente sua presença com incrustações em tubulações e emissores, causando entupimento e diminuindo a uniformidade da aplicação de água, especialmente na irrigação por gotejamento (ZAMBERLAN, 2007).

A dureza tem origem, segundo Sperling (1996), na dissolução de minerais que contenham cálcio e magnésio e no resultado de atividades antrópicas, por meio dos despejos industriais. Segundo Nakayama e Bucks (1986 citado por ZAMBERLAN, 2007), as precipitações de carbonatos de cálcio e magnésio são causadas quando as águas de irrigação possuem altos valores de dureza e de pH.

### **Parâmetros físicos**

#### **Sólidos totais**

Segundo Sperling (1996), os parâmetros físicos estão associados aos sólidos presentes na água, sendo que, com exceção dos gases dissolvidos, todas as impurezas encontradas no corpo hídrico contribuem para a carga de sólidos.

Em águas naturais, a concentração de sólidos tem origem no processo de erosão natural dos solos e no intemperismo das rochas (CARVALHO, 1994), impactando sensivelmente os mananciais hídricos que, conforme Silva et al. (2003), constituem o local de destino das partículas de solo removidas, que acabam por alterar as características físicas e químicas da água.

Nesse contexto, as práticas agrícolas exercem influência direta sobre a concentração de sólidos de um manancial, sendo que as perdas de solos por erosão, em plantios de grãos, como feijão, arroz, soja e milho, conforme exemplificam Braga et al. (2005), chegam a 23,8 t ha<sup>-1</sup> por ano, em média, constituindo uma das principais contribuições de sólidos do meio rural no Brasil.

O carreamento de grandes quantidades de sedimentos pela erosão para os cursos d'água ocorre, em maior ou menor intensidade, de acordo com as características do solo, da topografia e da chuva, entre outros fatores (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990 citado por SILVA et al., 2003). Para Elliot (1995 citado por SILVA et al., 2003), o sedimento é o mais significativo de todos os poluentes, em virtude da sua concentração nos mananciais, do seu impacto sobre o uso da água e dos seus efeitos sobre o transporte de outros poluentes.

Sperling (1996) menciona que a classificação dos sólidos totais presentes na água pode ser determinada por suas características físicas e químicas. A determinação dos sólidos quanto ao tamanho das partículas é considerada pelo autor como o método de classificação mais prático. Consiste na separação, através de um processo de filtração, dos sólidos dissolvidos que se apresentam em dimensões menores, dos sólidos em suspensão que apresentam dimensões maiores, ficando retidos em filtros no processo de análise.

### **Sólidos em suspensão**

O parâmetro físico “sólidos em suspensão” é obtido pela determinação da concentração de partículas que apresentem diâmetros superiores a 10<sup>0</sup> µm. Considerado um poluente em recursos hídricos, tem como principais fontes o esgoto doméstico e a drenagem superficial urbana e rural. Seus efeitos poluidores são o aspecto estético negativo, a formação de depósitos de lodo, a adsorção de poluentes, além do que protegem os organismos patogênicos (SPERLING, 1996).

Nos sistemas de irrigação localizada, os sólidos suspensos em altas concentrações são considerados um dos principais problemas de qualidade de água, principalmente

por ocasionarem a obstrução física dos emissores (NAKAYAMA; BUCKS, 1986 citado por VANZELA, 2004; OLITTA, 1984). Apesar de ser um dos problemas mais comuns e de ocorrer com maior frequência em sistemas de irrigação abastecidos por águas superficiais, Ayers e Westcot (1999) acham que é um problema de fácil solução. Os sólidos em suspensão consistem em partículas de solo com vários tamanhos, como calcário e material sólido, carregados dos canais e erodidos de reservatórios, algas e microrganismos; portanto, podem ser removidos através da sedimentação ou da filtração, quando, então, as partículas mais pesadas do que a água podem ser removidas.

### **Sólidos dissolvidos**

Os sólidos dissolvidos são constituídos de sais e matéria orgânica e apresentam diâmetro inferior a  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$ . São provenientes da drenagem superficial de áreas rurais e apresentam, como possível efeito poluidor, a salinidade excessiva, que causa prejuízos às culturas irrigadas, tais como toxicidade nas plantas e problemas de permeabilidade no solo (SPERLING, 1996). Nas águas naturais, os sólidos dissolvidos são constituídos por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos e, principalmente, nitratos de cálcio, magnésio, potássio, pequenas quantidades de ferro, magnésio e outras substâncias (MAURO, 2003).

Nos sistemas de irrigação localizada, dificilmente ocasionam obstrução física nos equipamentos; no entanto, quando há interação com outros sais, formam precipitados ou favorecem o crescimento de lodo, podendo ocasionar a obstrução dos emissores (NAKAYAMA; BUCKS, 1986 citado por VANZELA, 2004).

### **Turbidez**

O parâmetro físico turbidez pode ser usado no intuito de medir a concentração de sedimentos em suspensão, sendo, portanto, um parâmetro de relevante importância para a qualidade da água de irrigação (CARVALHO, 1994).

A turbidez é o grau de diminuição da intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água, em virtude da presença de sólidos em suspensão (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2003). Além da concentração dos sólidos, algumas características, como tamanho, composição mineral, cor e quantidade de matéria orgânica do sedimento, são determinantes da turbidez (SANTOS et al., 2001 citado por VANZELA, 2004).

Sua origem pode ser natural, como partículas de rocha, argila e silte, algas e outros microrganismos, e/ou antropogênica, como despejos domésticos, industriais, microrganismos e erosão (SPERLING, 1996).

## Parâmetros biológicos

### Coliformes

Consideradas por Sperling (1996) como os principais indicadores de poluição das águas, as bactérias do grupo coliforme são utilizadas para determinar a potencialidade que a água tem de transmitir doenças, pela contaminação fecal. Os coliformes estão divididos em três grupos de bactérias: 1) coliformes totais, constituídos por bactérias fecais e não fecais, não havendo identificação dos organismos patogênicos; 2) coliformes fecais, organismos originários do trato intestinal humano e de outros animais, incluindo a *Escherichia coli*, que têm como habitat exclusivo o intestino humano e o dos animais de sangue quente, representando riscos à saúde humana porque podem causar sérios distúrbios gastrointestinais; e 3) estreptococos fecais, que abrangem bactérias representativas da contaminação fecal humana, de bois e cavalos, sendo usados como indicador da origem da contaminação. A Resolução Conama nº 357/2005 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005) relata que esse parâmetro não poderá exceder o limite de 2 UFC mL<sup>-1</sup> em 80% de pelo menos seis amostras coletadas bimestralmente.

## Classificação da qualidade da água de irrigação

Vanzela (2004) registra que não existe nenhuma classificação completa de qualidade da água para irrigação que abarque todos os parâmetros causadores de problemas. Sendo assim, o autor sugere a avaliação de determinados parâmetros, de acordo com diversas classificações propostas pela literatura, a fim de estabelecer os padrões de qualidade da água usada na irrigação, levando em consideração o potencial de dano da operação do sistema de irrigação, a toxicidade de íons específicos e o risco de salinização do solo. A Tabela 1 apresenta a classificação da qualidade da água de irrigação proposta por Vanzela (2004), descrevendo os parâmetros utilizados na caracterização da qualidade de água e os problemas relacionados com cada parâmetro, assim como os limites estabelecidos de acordo com as classificações.

**Tabela 1.** Classificação da qualidade da água de irrigação quanto à capacidade de causar danos no sistema de irrigação localizada, quanto ao excesso de sólidos e carga orgânica, quanto ao risco de salinização do solo e quanto ao risco de precipitação de sais.

Problema	Limite estabelecido				Referência
	Classificação	Baixo	Médio	Alto	
Dano a sistemas de irrigação localizada	Sólidos suspensos (mg L <sup>-1</sup> )	< 50	50–100	> 100	Nakayama e Bucks (1986 citado por VANZELA, 2004)
	Sólidos dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )	< 500	500–2.000	> 2.000	
	pH	< 7,0	7,0–8,0	> 8,0	
	Ferro total (mg L <sup>-1</sup> )	< 0,2	0,2–1,5	> 1,5	
Excesso de sólidos e carga orgânica	Classificação	Adequado		Inadequado	Resolução Conama nº 357/2005 classe I (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005)
	Turbidez (NTU)	≤ 40		> 40	
	Oxigênio dissolvido	≥ 6,0		< 6,0	
Risco de salinização do solo	Classificação	Baixo	Médio	Alto	U.S.D.A. Agriculture Handbook nº 60 (1969 citado por VANZELA, 2004)
	Condutividade elétrica (µS/cm a 25 °C)	< 250	250–750	> 750	
Risco de precipitação de sais	Classificação	Baixo	Médio	Alto	Pitts et al. (1990 citado por VANZELA, 2004)
	Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	< 150	150–300	> 300	

Fonte: adaptado de Vanzela (2004).

## Fontes de suprimento de água para irrigação e medidas para sua proteção

As principais fontes de captação de água para irrigação são rios, lagos e reservatórios, para os quais diversos fatores devem ser considerados na análise da adaptabilidade da fonte, para sua utilização na irrigação. Entre esses estão o volume de água disponível e a qualidade da água (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).

O correto manejo das lavouras e das áreas que influenciam as fontes de captação de água pode evitar danos à qualidade da água. Entre essas práticas, a manutenção da

vegetação ciliar é um bom exemplo, pois atua como barreira física entre os sistemas terrestres e aquáticos, promovendo a estabilização das margens, reduzindo as perdas de solo pela erosão e o assoreamento nos mananciais, além de reduzir a possibilidade de contaminação dos cursos d'água por sedimentos e resíduos agroquímicos, por ser um excelente consumidor de nutrientes provenientes de agroecossistemas vizinhos. Sendo assim, a falta de vegetação ciliar pode levar à redução não só da quantidade e da disponibilidade, como também da qualidade da água dos corpos hídricos (COSTA et al., 2005). Dessa forma, é importante desenvolverem-se estudos detalhados sobre a dinâmica da água e o manejo do solo no entorno das fontes de captação de água para irrigação, no que se refere a seus parâmetros de qualidade, que possam vir a interferir na eficiência da irrigação, por oferecerem riscos ao sistema e à qualidade do produto.

## Estudo de caso: qualidade da água de irrigação do morangueiro em Turuçu, RS

No Município de Turuçu, RS, as principais atividades econômicas desenvolvidas são: pecuária leiteira, produção de frutas de clima temperado, de fumo e de pimenta-vermelha. Entre as frutíferas destaca-se o morangueiro, que proporciona aos produtores rurais desse município boa rentabilidade, constituindo um instrumento de geração de emprego e renda, e, assim, de inclusão social. Dessa maneira, incrementa o padrão de qualidade de vida desses produtores.

A irrigação localizada por gotejamento foi um dos incrementos tecnológicos adotados na produção do morangueiro em Turuçu, RS, que possibilitou aos produtores alcançar produtividades maiores dessa cultura. Embora seja reconhecida sua importância e seus benefícios pelos agricultores, há uma carência de informações relacionadas à qualidade da água que vem sendo aplicada à cultura, justificando, dessa forma, o presente estudo de caso.

O estudo envolveu 14 produtores que participam da Associação de Produtores de Morangos de Turuçu, RS, e teve como objetivos: a) caracterizar e avaliar as fontes de captação de água usada para irrigação das lavouras de morangos; b) quantificar os parâmetros de qualidade dessa água, que indicam o potencial de ocorrência de danos ao sistema de irrigação localizada; e c) avaliar e quantificar a variabilidade espacial e a temporal da qualidade dessa água.

Para o atendimento do primeiro objetivo, foram caracterizadas as fontes de captação da água usada para irrigação, sob os aspectos de recarga e origem de abastecimento. Para o atendimento do segundo objetivo, foram coletadas mensalmente amostras de água em cada uma das propriedades envolvidas, durante um período de 14 meses (de outubro de 2007 a novembro de 2008), determinando suas características físicas (sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e turbidez), químicas (pH, ferro total, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e dureza) e microbiológicas (coliformes totais e fecais).

Essas características foram avaliadas quanto ao potencial de causar danos ao sistema de irrigação por gotejamento, utilizando a classificação proposta por Vanzela (2004), apresentada na Tabela 1.

Para o atendimento do terceiro objetivo, gráficos em caixa foram construídos para avaliar e quantificar a distribuição espacial e a temporal das características da água ao longo do período.

### **Caracterização e origem das fontes de captação de água para irrigação**

A água para irrigação das lavouras de morangos em Turuçu, RS, é captada em reservatórios artificiais, exceto em uma das 14 propriedades envolvidas, que utiliza como fonte de captação um corpo de água corrente. Os reservatórios artificiais utilizados nas propriedades envolvidas não foram construídos tendo por base projetos técnicos, mas sedimentados na experiência e no conhecimento do produtor em áreas identificadas com potencial de acumular água.

Em cada uma das propriedades, os reservatórios construídos apresentaram características diferentes quanto à origem e quanto ao tipo de recarga, sendo: a) seis fontes de captação com reservatórios originados por nascentes e abastecidos por água subterrânea; b) cinco fontes originadas de banhados e abastecidas por nascentes ou cabeceiras de cursos d'água; e c) três fontes de reservatórios construídos em barramentos, utilizando a declividade natural do terreno, que foram abastecidos pelo escoamento superficial.

As atividades agrícolas desenvolvidas em cada uma das propriedades apresentaram particularidades quanto à ocupação e ao uso do solo no entorno das fontes de captação. Foram identificadas: a) fontes de captação mais isoladas, com difícil acesso em virtude da densidade da vegetação do entorno (Figura 11); b) fontes com presença de animais domésticos em seu entorno, incluindo estábulos para o seu abrigo na área de contribuição do



reservatório (Figura 12); c) fontes com lavouras de fumo em seu entorno (Figura 13); e d) reservatórios circundados por estrada sem barreira de proteção (Figura 14).

### Potencial de risco de danos ao sistema de irrigação do morangueiro

Entre os parâmetros físicos utilizados para avaliar o risco de entupimento dos gotejadores, nos sistemas de irrigação do morangueiro em Turuçu, RS, a concentração de sólidos em suspensão apresentou o maior número de amostras classificadas como de baixo potencial de risco. Os maiores valores foram obtidos nas fontes de captação em que o entorno apresentava pouca cobertura do solo, com presença de lavouras de fumo. Também foram encontrados valores elevados de concentração de sólidos em suspensão na água coletada em um reservatório circundado por uma estrada.

A Figura 15 apresenta os valores máximos determinados da concentração de sólidos em suspensão na água de irrigação, em cada uma das propriedades e em todo o período de coleta, relacionando-os com o padrão de qualidade da água quanto ao potencial de risco de causar danos ao sistema de irrigação.

A concentração de sólidos dissolvidos apresentou baixo potencial de risco em quase todas as amostras analisadas, exceto



Foto: Luis Carlos Timm

**Figura 11.** Fonte de captação isolada com difícil acesso em virtude da densidade da vegetação do entorno, em Turuçu, RS.



Foto: Luis Carlos Timm

**Figura 12.** Fonte de captação de água com estábulo para o abrigo de animais, na área de contribuição do reservatório, em Turuçu, RS.

em uma fonte, que mostrou potencial de risco moderado em uma amostra coletada no período em que o solo estava sendo preparado para a implantação da lavoura de fumo. Esse fato permite relacionar o resultado mais alto da concentração de sólidos dissolvidos com o manejo do solo no entorno do reservatório.

Os valores de turbidez foram menores nas fontes de captação nas quais o entorno estava protegido pela cobertura vegetal. Os reservatórios construídos em barramentos, utilizando a declividade natural do terreno, e que foram abastecidos pelo escoamento superficial apresentaram maior número de amostras classificadas como inadequadas, em relação a esse parâmetro.

Entre os parâmetros químicos, os valores da concentração de ferro total, na maioria das amostras de água analisadas, apresentaram valores que caracterizam moderado potencial de risco de dano ao sistema, sendo que os valores máximos obtidos em cada uma das propriedades envolvidas ficaram muito acima dos limites estabelecidos para a classificação do potencial de risco como severo (Figura 16).

Já os parâmetros químicos condutividade elétrica e dureza total apresentaram potencial de risco baixo em todas as amostras de água analisadas ao longo deste estudo.



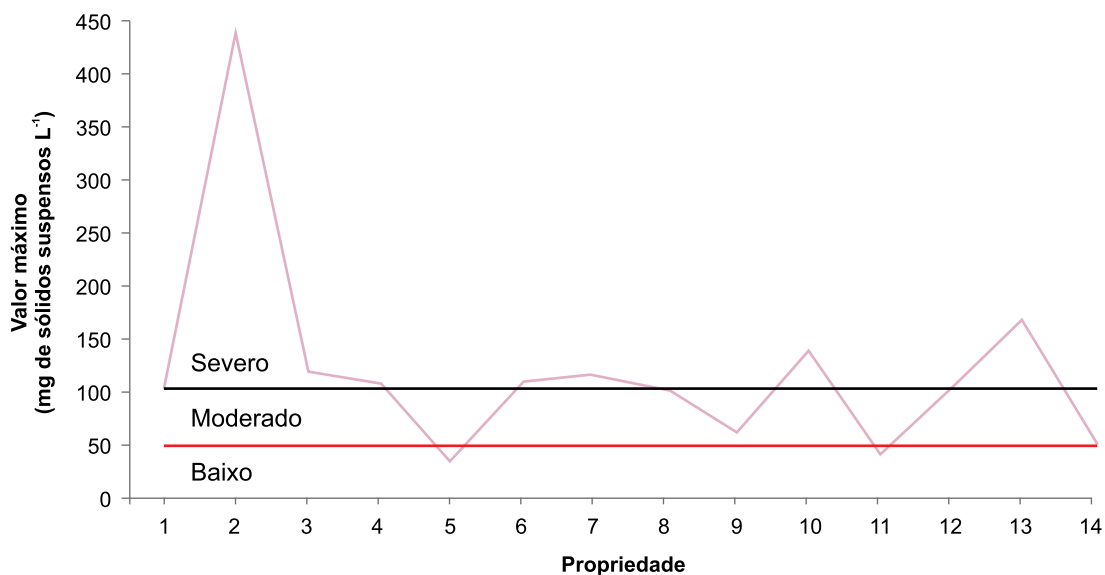
Foto: Luis Carlos Timm

**Figura 13.** Entorno de fonte da captação com lavoura de fumo, em Turuçu, RS.



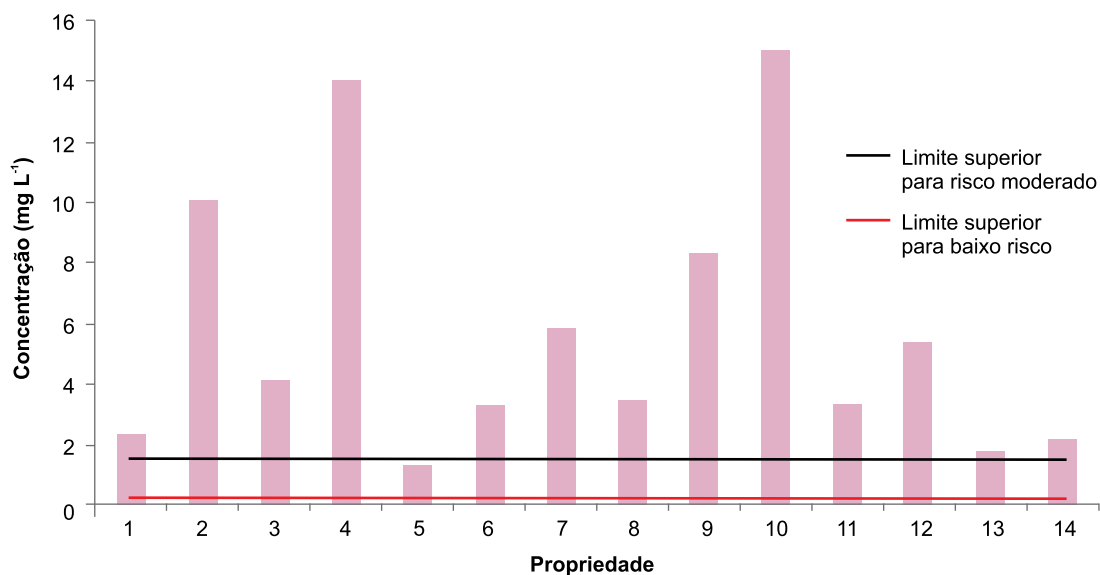
Foto: Luis Carlos Timm

**Figura 14.** Reservatório circundado por estrada, em Turuçu, RS.



**Figura 15.** Valores máximos da concentração de sólidos em suspensão na água de irrigação, em cada uma das propriedades, ao longo de todo o período de coleta, e padrão de qualidade da água quanto ao potencial de risco de causar danos ao sistema de irrigação.

Fonte: Estrela (2008).



**Figura 16.** Valores máximos da concentração de ferro total na água de irrigação, em cada uma das propriedades, ao longo do período de coleta, e padrão de qualidade da água quanto ao potencial de risco de causar danos ao sistema de irrigação.

Fonte: Estrela (2008).

Nas análises dos parâmetros microbiológicos, a presença de coliformes totais não foi detectada em quatro amostras de água. As bactérias do grupo coliformes são encontradas na água e no solo; sendo assim, dificilmente sua presença não é detectada em águas superficiais. Como dito anteriormente, as bactérias do grupo coliformes fecais são indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente; indicam, então, a contaminação por fezes de animais. Na grande maioria das propriedades envolvidas, foi observada a presença de animais no entorno das fontes de captação, o que explicaria os elevados percentuais de amostras com presença de coliformes fecais.

### **Variabilidade espacial e temporal da qualidade da água de irrigação**

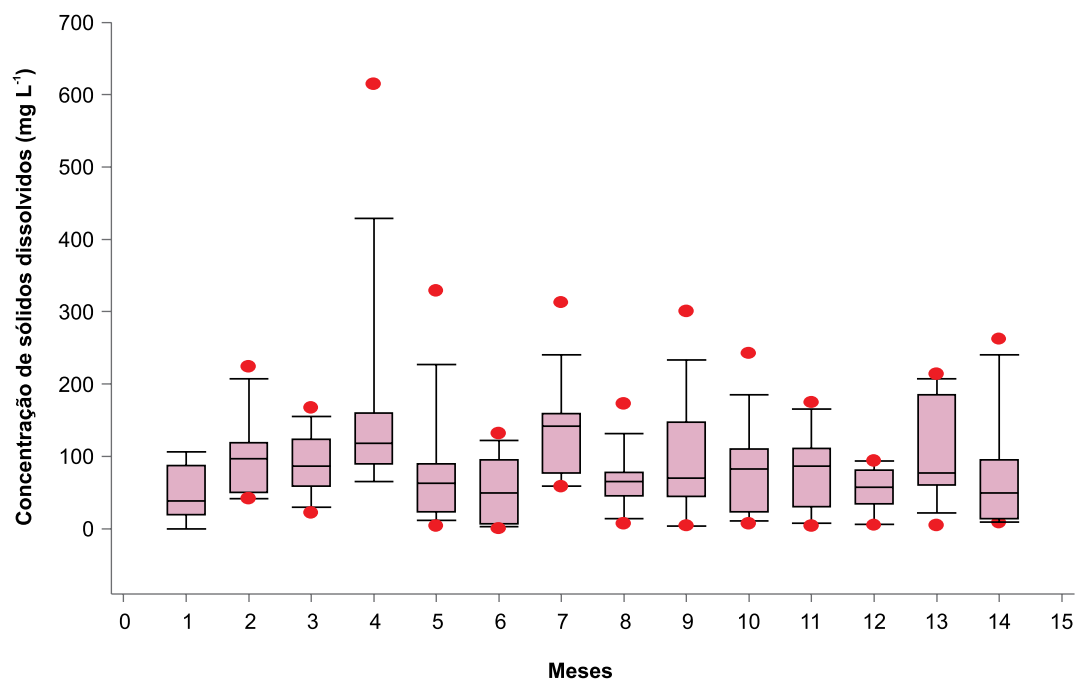
Foram realizadas coletas mensais de água em cada fonte de captação. Em seguida, foi feita uma avaliação do comportamento de cada um dos parâmetros já descritos, ao longo do período, em cada uma das propriedades envolvidas.

Para cada um dos parâmetros analisados, a qualidade da água usada para irrigação do morangueiro nas propriedades envolvidas apresentou variabilidade espacial e temporal com diferentes magnitudes. A concentração de sólidos dissolvidos apresentou a maior variabilidade entre os parâmetros físicos; e o oxigênio dissolvido, entre os parâmetros químicos. A variabilidade desses parâmetros pode ser observada nas Figuras 17 e 18, respectivamente.

A variabilidade, tanto espacial quanto temporal, dos parâmetros químicos de qualidade da água de irrigação apresentou maior amplitude do que a variabilidade dos parâmetros físicos.

### **Considerações finais sobre o estudo de caso**

As fontes de captação de água para irrigação das lavouras de morangos em Turuçu, RS, merecem especial atenção, principalmente quanto às características de ocupação e uso do solo no seu entorno. Uma das fontes apresentou altas concentrações de sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos e turbidez, com valores acima dos encontrados nas fontes de captação das demais propriedades. Uma particularidade dessa fonte é a ausência de vegetação e a proximidade de uma lavoura de fumo, sistema de produção que exige o revolvimento do solo, não só para sua implementação, mas também pelos tratos culturais, deixando o solo exposto durante boa parte do ciclo da cultura.



**Figura 17.** Variabilidades espacial e temporal da concentração de sólidos em suspensão nas 14 propriedades, durante os 14 meses de coleta de amostras de água utilizada para irrigação.

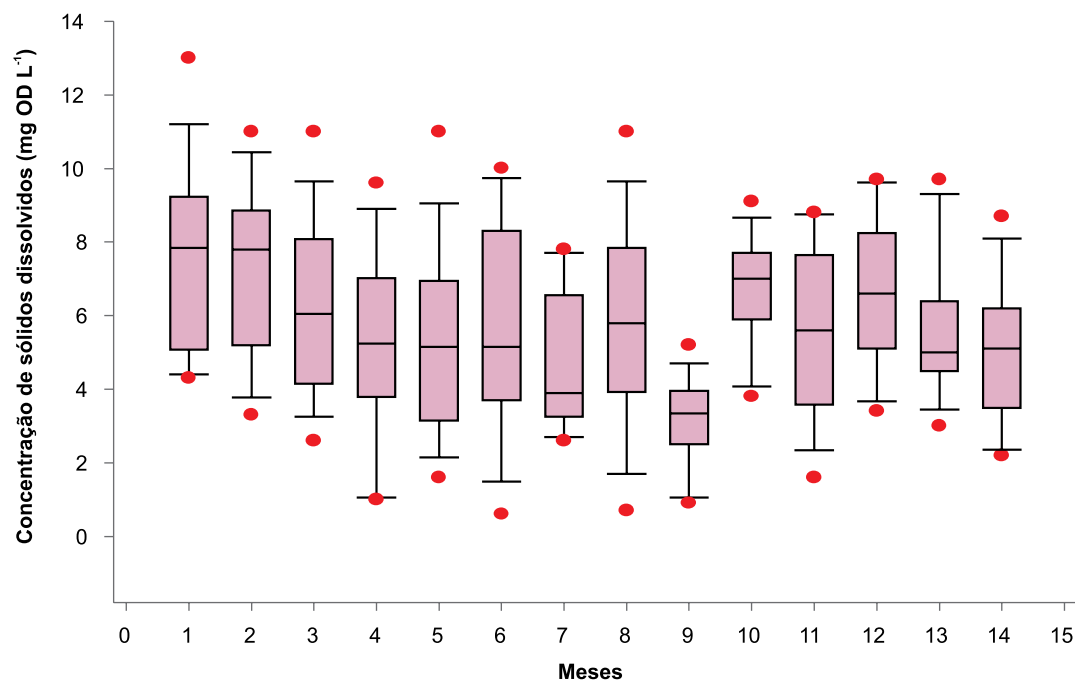
Fonte: Estrela (2008).

Os resultados obtidos indicaram que pode haver correlação entre os parâmetros químicos (pH e condutividade elétrica) e o tipo de fonte de captação, e entre os parâmetros físicos e o manejo no entorno dessas fontes, indicando que futuros estudos deverão ser desenvolvidos no sentido de avaliar tais correlações.

A concentração de ferro total na água usada para irrigação apresentou o maior potencial de risco de danos no sistema de irrigação, entre todos os parâmetros analisados, podendo estar relacionada com as classes de solos da região abrangida neste estudo, sugerindo a necessidade de investigações futuras quanto às possíveis causas dos elevados valores desse parâmetro.

## Manejo da irrigação

Saber o volume de água a ser aplicado e o momento certo de fazê-lo é uma das etapas mais importantes no manejo da irrigação. Para que essas questões sejam corretamente respondidas, é necessário conhecer os fatores que afetam o manejo da irrigação, como:



**Figura 18.** Variabilidades espacial e temporal da concentração de oxigênio dissolvido nas 14 propriedades, durante os 14 meses de coleta de amostras de água utilizada para irrigação.

Fonte: Estrela (2008).

cultura, solo, clima, particularidades do local onde será instalado o sistema de irrigação e características desse sistema (TAVARES et al., 2007).

O excesso ou o déficit de água aplicada por meio da irrigação pode causar prejuízos ao desenvolvimento da planta, o que poderá ocasionar perda de produtividade. O volume de água requerido por uma dada cultura ao longo do seu ciclo de desenvolvimento e sua resposta à irrigação não são constantes. Reisser Júnior et al. (2009) mencionam que, apesar de ser uma planta perene, o morangueiro possui várias fases, e que cada uma delas representa sistemas de produção diferentes, sendo, dessa forma, recomendados manejos de irrigação distintos, como se fossem para culturas diferentes.

As culturas diferem entre si quanto à tolerância à deficiência de água no solo, sendo que algumas apresentam maior resistência à falta de água, sem apresentar queda significativa na produção. Outras respondem de forma mais intensa a pequenas variações no conteúdo de água do solo. Klar (1992) menciona que, para a cultura do morangueiro, os períodos críticos de déficit de água estendem-se desde o desenvolvimento das frutas até a

colheita. Krüger et al. (1999) destacam que o morangueiro reduz bastante o seu potencial produtivo quando há pequena redução no conteúdo de água no solo, sendo, dessa forma, um exemplo de cultura de baixa resistência ao deficit hídrico.

## Fatores que afetam o manejo da irrigação

### Cultura

O tipo, a forma e o tamanho do sistema radicular das culturas são características que afetam diretamente o volume de solo que será explorado para a extração de água pela cultura.

O intervalo de tempo entre as irrigações e a quantidade de água a ser aplicada são influenciados pelo grau de tolerância da cultura à falta de água. Como as culturas respondem diferentemente às variações da disponibilidade de água no solo, o manejo da irrigação deve ser programado de forma a atender às necessidades específicas das culturas, ao longo de suas diferentes fases de desenvolvimento. Coelho Filho et al. (2007) constataram que a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) do morangueiro no início do ciclo (até 50 dias após o plantio) é totalmente dependente da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e semelhante em termos de magnitude dos seus valores.

Outro fator que influencia as decisões sobre o manejo da irrigação bem como quanto ao horário da irrigação, quando relacionada à condição de umidade do solo e ao microclima gerado pela irrigação, é a susceptibilidade das culturas ao ataque de pragas e ao surgimento de doenças. Neves et al. (2010) destacam que um correto manejo de irrigação auxilia a reduzir algumas doenças em viveiros de produção de mudas e em campo.

### Solo

A profundidade, a textura e a composição dos diferentes horizontes do perfil de um solo afetam a forma e a distribuição das raízes das culturas, delimitando o volume efetivamente utilizado para a extração de água pela cultura, e influenciando, dessa forma, o manejo da irrigação. A infiltração de água através da superfície do solo, a capacidade que ele possui de armazenar e reter água, a facilidade ou dificuldade com que a água se movimenta ao longo do seu perfil e o processo de aeração também são afetados por essas características do solo (REICHARDT; TIMM, 2008; TAVARES et al., 2007). Para o morangueiro,



Costa et al. (2007) recomendam que a disponibilidade de água no solo não seja reduzida em mais do que 35% dos valores indicados, mesmo em regiões ou períodos de baixa demanda atmosférica. Já em períodos de alta demanda ( $ET_o > 5$  mm por dia), os autores recomendam que essa redução não ultrapasse 20%.

## Clima

O clima é o principal regulador da demanda de água para irrigação, pois temperatura, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento, entre outros fatores, são responsáveis pela transferência da água, na forma de vapor, diretamente do solo (evaporação) e da superfície das plantas (transpiração) para a atmosfera. As precipitações são a principal fonte natural de água para as plantas, podendo gerar tanto situações de escassez de água (deficit hídrico), quando ocorrem em quantidade inferior à demanda das plantas, quanto situações de excesso de água (excesso hídrico), quando ocorrem em quantidade superior à capacidade de armazenamento de água no solo.

Uma diferença marcante entre os efeitos do clima e os dos fatores anteriormente mencionados é que, enquanto as características do solo e da planta variam pouco ao longo dos anos, as climatológicas apresentam grande variabilidade e incerteza, obrigando os técnicos que elaboram os projetos de irrigação a fazer projeções baseadas no histórico climático da região.

## Método (e sistema) de irrigação

Cada método (e sistema) de irrigação apresenta características específicas em termos de consumo de água, distribuição de água no perfil do solo, eficiência de aplicação, mão de obra requerida e possibilidades de parcelamento da área irrigada em talhões. Todas essas características influenciam a forma como deve ser manejada a irrigação.

Tavares et al. (2007) ainda acrescentam as condições locais e as características de comercialização da cultura como fatores que afetam o manejo da irrigação.

## Considerações finais

No cultivo de morango, há algumas condições gerais preferenciais que favorecem boas produtividades e refletem a qualidade física e hídrica do solo. São elas: a) desenvolve-se

bem nas áreas onde o horizonte A tem a textura areno-argilosa; b) prefere solos bem drenados, ricos em matéria orgânica e de boa estrutura; e c) não tolera a falta de água, mas também não pode haver excesso; por isso, o emprego da irrigação e o seu correto controle em cultivos que utilizam cobertura plástica são condições indispensáveis.

O solo é um recurso natural lentamente renovável. Além disso, depois de degradado, é difícil de ser recuperado. A água, por sua vez, é um recurso mais rapidamente renovável, porém finito. A demanda por ela e a degradação de sua qualidade vêm crescendo de forma acelerada. Imprescindível para a sobrevivência humana e para a sustentabilidade da agricultura em pequenas e médias propriedades, como é o caso da maior parte das áreas de produção de morango no Brasil, a água, assim como o solo, depende de um manejo adequado, para que seja preservada e garantida a sua qualidade. Assim, a apropriação de conhecimentos pelos produtores e técnicos envolvidos na cadeia produtiva de morango são imprescindíveis à utilização racional desses recursos naturais.

Dessa forma, as atenções devem se voltar para uma produção eficiente, aliada ao uso consciente do solo e da água, o que requer conhecimentos adequados sobre a avaliação da qualidade desses recursos, sobre as técnicas e os equipamentos utilizados no seu manejo e sobre as relações entre eles e com a planta.

## Referências

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 527 p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Ed. UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. Revisado 1).

BAMBERG, A. L. **Atributos físicos, hídricos e químicos de solos em sistemas de produção de morango em Turuçu-RS**. 2010. 100 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BAMBERG, A. L.; CORNELIS, W. M.; TIMM, L. C.; GABRIELS, D.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S. Temporal changes of soil physical and hydraulic properties in strawberry fields. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 3, p. 385-394, 2011.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625 p.

BERTOL, O. J. **Contaminação da água de escoamento superficial e da água percolada pelo efeito de adubação mineral e adubação orgânica em sistema de semeadura direta**. 2005. 209 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BRADY, N.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. 13th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 960 p.

BRAGA, B.; HESPAHOL, I.; CONEJO, J.G.L. **Introdução a engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 336 p.

CARTER, M. R. Temporal variability of soil macroporosity in a fine sandy loam under mouldboard ploughing and direct drilling. **Soil & Tillage Research**, v. 12, n. 1, p. 37-51, 1988.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372 p.

CASIERRA-POSADA, F.; GARCÍA, N. Crecimiento y distribución de materia seca en cultivares de fresa (*Fragaria* sp.) bajo estrés salino. **Agronomía Colombiana**, v. 23, n. 1, p. 83-89, 2005.

COCKROFT, B.; OLSSON, K. A. Case study of soil quality in south-eastern Australia: management of structure for roots in duplex soils. In: GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R. (Ed.). **Soil quality for crop production and ecosystem health**. Amsterdam: Elsevier, 1997. p. 339-350. (Developments in Soil Science, v. 25).

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; OLIVEIRA, V. M. de O.; SILVA, T. S. M.; DINIZ, R. S.; SILVA, A. J. P. da. Evapotranspiração de morangueiro no norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 27., 2007, Mossoró. **Agricultura irrigada no semi-árido**: anais. Mossoró: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2007. 1 CD-ROM.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002**. São Paulo: CETESB, 2003. 264 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 053, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

CORDEIRO, E. A. **Influência do tratamento de água ferruginosa no desempenho de sistema de irrigação por gotejamento**. 2002. 92 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

COSTA, E. L. da; COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A. Irrigação do morangueiro. **Informe agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 50-55, 2007.

COSTA, G. G. **Produção e qualidade de frutos do morangueiro, sob diferentes tensões de água no solo**. 2011. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Engenharia de água e solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

COSTA, M. A. G.; COSTA, E. C. **Poluição ambiental**: heranças para gerações futuras. Santa Maria: Orium, 2004. 256 p.

COSTA, P. da; COSTA, M. C. G.; ZILI, J. E.; XAUD, H. **A água e as florestas ribeirinhas**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2005. 17 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 6).

DORAN, J. W. Soil quality and sustainability. In: BRAZILIAN CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Proceedings**... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p. 20-26.

DREWRY, J. J. Natural recovery of soil physical properties from treading damage of pastoral soils in New Zealand and Australia: a review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 114, n. 2-4, p. 159-169, 2006.

DREWRY, J. J.; CAMERON, K. C.; BUCHAN, G. D. Effect of simulated dairy cow treading on soil physical properties and ryegrass pasture yield. **New Zealand Journal of Agriculture Research**, v. 44, n. 2-3, p. 181-190, 2001.

DREWRY, J. J.; PATON, R. J. Soil physical quality under cattle grazing of a winter-fed brassica crop. **Australian Journal of Soil Research**, v. 43, n. 4, p. 525-531, 2005.

EHLIG, C. F.; BERNSTEIN, L. Salt tolerance of strawberries. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 72, p. 198-206, 1958.

- ESTRELA, C. C. **Variabilidade espacial e temporal da qualidade da água de irrigação no sistema de produção de morango em propriedades familiares no município de Turuçu- RS**. 2008. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura familiar) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- ESTRELA, C. C.; TIMM, L. C.; REISSER JÚNIOR, C.; MATOS, M. L. T.; TAVARES, V. E. Q. Potencial de entupimento de emissores em sistemas de irrigação por gotejamento em função da qualidade da água. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 18., 2008, São Mateus. **O equilíbrio do fluxo hídrico para uma agricultura irrigada sustentável**. São Mateus: ABID, 2008. 1 CD-ROM.
- FIORAVANTE, C. D.; VANZELA, L. S.; MAURO, F.; GOMES, D. R.; HERNANDEZ, F. B. T. Diagnóstico da qualidade da água para a irrigação do córrego Três Barras no município de Marinópolis – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2004. 1 CD-ROM.
- FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; VANZELA, L. S. Utilização dos parâmetros coliformes totais e fecais e oxigênio dissolvido na avaliação da qualidade de água para irrigação na microbacia do Córrego Três Barras, Marinópolis, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2007. 1 CD-ROM.
- FRAVET, A. M. M. F.; CRUZ, R. L. Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu – SP. **Irriga**, v. 12, n. 2, p. 144-155, 2007.
- GOMES, N. S.; SILVA, G. A.; PESSÔA NETO, A. R. Estudo de parâmetros químicos nas águas do Rio Imbassá no trecho do Município de Dias D'Ávila – BA. **Candombá**, v. 3, n. 1, p. 1-14, 2007.
- HALL, D. G. M.; REEVE, M. J.; THOMASSON, A. J.; WRIGHT, V. F. **Water retention, porosity and density of field soils**. Harpenden: Soil Survey of England and Wales, 1977. 75 p. (Soil Survey. Technology monograph, n. 9).
- HANSON, B.; BENDIXEN, W. Drip irrigation evaluated in Santa Maria Valley strawberries. **California Agriculture**, v. 58, n. 1, p. 48-53, 2004.
- HERNANDEZ, F. B. T.; SILVA, C. R.; SASSAKI, N.; BRAGA, R. S. Qualidade de água em um sistema irrigado no noroeste paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2001. 1 CD-ROM.
- HILLEL, D. **Introduction to environmental soil physics**. San Diego: Elsevier: Academic Press, 2003. 494 p.
- HILLEL, D. **Salinity management for sustainable irrigation: integrating science, environment and economics**. Washington, DC: The World Bank, 2000. 92 p.
- ISLABÃO, G. O.; BAMBERG, A. L.; ESTRELA, C. C.; TIMM, L. C.; PAULETTO, E. A. Qualidade físico-hídrica de solos utilizados na produção de morango em Turuçu-RS. In: ESCUELA LATINOAMERICANA DE FÍSICA DE SUELOS, 10., 2011, Lavras. **Elafis 2009: física de suelos clave para el manejo sostenible de los recursos agua y suelos**. Ghent: International Centre for Eremology, 2011. v. 1. p. 51-56.
- KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.
- KLAR, A. E. **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação**. São Paulo: Nobel, 1992. 156 p.
- KRÜGER, E.; SCHMIDT, G.; BRÜCHNER, U. Scheduling strawberry irrigation based upon tensiometer measurement and a climatic water balance model. **Scientia Horticulturae**, v. 81, n. 4, p. 409-424, 1999.
- KUMAR, S.; DEY, P. Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. **Scientia Horticulturae**, v. 127, n. 3, p. 318-324, 2011.
- LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America Journal, 1994. p. 37-51. (SSSA Special Publication, 35).

LIMA, L. A.; BÍSCARO, G. A.; GEISENHOF, L. O.; REIS, J. B. R. da S. Automação da irrigação. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 259, p. 71-79, 2010.

MAAS, E. V. Crop salt tolerance. In: TANJI, K. K. (Ed.). **Agricultural salinity assessment and management**. [Reston]: American Society of Civil Engineers, 1990. p. 262-304. (ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, n. 71).

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação princípios e métodos**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 318 p.

MATTOS, K. M. da C. **Viabilidade da irrigação com água contaminada por esgoto doméstico na produção hortícola**. 2003. 168 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MAURO, F. **Vazão e qualidade da água em manancial degradado do Cinturão Verde de Ilha Solteira - SP**. 2003. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

MOTA, S. **Preservação e conservação dos recursos hídricos**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 187 p.

NEVES, W. dos S.; OLIVEIRA, P. M. de; PARREIRA, D. F.; GIARETTA, R. D.; COSTA, E. L. da. Importância do manejo da irrigação sobre a ocorrência de doenças de plantas. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 259, p. 110-115, 2010.

OLITTA, A. F. L. **Os métodos de irrigação**. São Paulo: Nobel, 1984. 267 p.

OLITTA, A. F. L.; MINAMI, K. Irrigação por gotejo em morango. **Anais da Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v. 31, p. 713-720, 1974.

OSAWA, T. Studies on the salt tolerance of vegetable crops with special reference to mineral nutrition. **Bulletin of the University of Osaka Prefecture: Series B**, v. 16, p. 13-57, 1965.

PEREIRA, W. R. **Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de morangueiro, em diferentes épocas de plantio**. 2009. 46 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PHILIP JUNIOR, A.; ROMERO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2004. 1045 p.

PIRES, R. C. de M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A.; AMBROSANO, G. M. B.; MINAMI, K. Profundidade efetiva do sistema radicular do morangueiro sob diferentes coberturas do solo e níveis de água. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 793-799, 2000.

QUIRINO, T. R.; IRIAS, L. J. M.; WRIGHT, J. T. C. **Impacto agroambiental: perspectivas, problemas e prioridades**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 184 p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Piracicaba: Editora Manole, 1990. 188 p.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Editora Manole, 2008. 478 p.

REISSER JÚNIOR, C.; TAVARES, V. E. Q.; TIMM, L. C.; ESTRELA, C. C.; ANTUNES, L. E. C.; CUNHA, N. G. Solo e manejo da água. In: TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; REISSER JÚNIOR, C.; ESTRELA, C. C. (Ed.). **Morangueiro irrigado: aspectos técnicos e ambientais do cultivo**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2009. p. 51-91.

RESENDE, R. S.; CASARINI, E.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO, R. D. Ocorrência de entupimento de origem biológica em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 156-160, 2001.

REYNOLDS, W. D.; DRURY, C. F.; YANG, X. M.; FOX, C. A.; TAN, C. S.; ZHANG, T. Q. Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. **Soil & Tillage Research**, v. 96, n. 1-2, p. 316-330, 2007.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P. da S.; PATERNIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M. da. Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 295-301, 2005.

RODRIGUES, G. S.; SILVA, A. de S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; ROSSO, C. R. S. de; CARBINATTO, M. L.; SOUZA, T. de; MORICONI, W.; PAIVA, W. F. **Diagnóstico ambiental das fontes pontuais de poluição das águas nas bacias hidrográficas do Norte de Minas e do Submédio São Francisco**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 42 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 23).

RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro**: revisão e prática. Curitiba: EMATER, 1998. 206 p.

SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. (Ed.). **Morango**: produção. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 81 p. (Frutas do Brasil, 40).

SCATOLINI, M. E.; PATERNIANI, J. E. Remoção de sólidos suspensos na água de irrigação utilizando mantas sintéticas não tecidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 382-385, 2001.

SCHWANKL, L. J.; HANSON, B. R. Surface drip irrigation. In: LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKAYAMA, F. S. (Ed.). **Micro-irrigation for crop production**: design, operation, and management. Amsterdam: Elsevier, 2007. p. 431-472. (Developments in Agricultural Engineering, 13).

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima, 2003. 140 p.

SPERLING, M. von. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p.

STRASSBURGER, A. S.; MARTINS, D. de S.; REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E.; PEIL, R. M. N.; PHILIPSEN, L. C. Sistema de produção do morangueiro: fatores que influenciam o manejo da irrigação. In: TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; REISSER JÚNIOR, C.; ESTRELA, C. C. (Ed.). **Morangueiro irrigado**: aspectos técnicos e ambientais do cultivo. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2009. p. 30-50.

TANJI, K. K.; KIELEN, N. C. **Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2002. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 61).

TAVARES, V. E. Q.; TIMM, L. C.; REISSER JÚNIOR, C.; MANKE, G.; LEMOS, F. D.; LISBÔA, H. Manejo da irrigação. In: TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; REISSER JÚNIOR, C.; MORO, M. (Ed.). **Manejo da irrigação na cultura do pessegueiro**: manual técnico. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2007. p. 63-110.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. Automação aplicada à fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V. (Ed.). **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 207-235.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; ROSTON, D. M.; PAULA JÚNIOR, D. R. de; PATERNIANI, J. E. S.; RIBEIRO, T. A. P. Análise do potencial de entupimento em gotejadores através da avaliação da qualidade de água de irrigação. **Revista Irriga**, v. 6, n. 1, p. 53-62, 2001.

TOPP, G. C.; W.D. REYNOLDS, W. D.; COOK, F. J.; KIRBY, J. M.; CARTER, M. R. Physical attributes of soil quality. In: GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R. (Ed.). **Soil quality for crop production and ecosystem health**. Amsterdam: Elsevier, 1997. p. 21-58. (Developments in Soil Science, v. 25).

TURHAN, E.; ERIS, A. Growth and stomatal behaviour of two strawberry cultivars under long-term salinity stress. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 31, n. 1, p. 55-61, 2007.

VANZELA, L. S. **Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP**. 2004. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

VANZELA, L. S.; MAURO, F.; HERNANDEZ, F. B. T.; DOURADO, L. A. C. Caracterização da microbacia do Cinturão Verde de Ilha Solteira – SP para fins de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2003. 1 CD-ROM.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, J. G. G. da; RAMOS, M. M.; SILVA, C. M. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2004.

YUAN, B. Z.; SUN, J.; NISHIYAMA, S. Effect of drip irrigation on strawberry growth and yield inside a plastic greenhouse. **Biosystems Engineering**, v. 87, n. 2, p. 237-245, 2004.

ZAMBERLAN, J. F. **Caracterização de águas de reservatórios superficiais para uso em microirrigação**. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.



CAPÍTULO

14

# Produção integrada

Fagoni Fayer Calegario



## O desafio da integração

A sociedade moderna reconhece cada vez mais a necessidade de enfrentar, unida, os desafios para garantir saúde e sustentabilidade. Essa união em prol da própria sobrevivência é desafiadora porque o homem contemporâneo há tempos se afastou da natureza. O isolamento entre os indivíduos é grande, a rotina diária acelerada, a competitividade alta e os recursos cada vez mais escassos. O grande e atual desafio apresentado a indivíduos, famílias, empresas, comunidades, sociedades e ao mundo em geral é adquirir a consciência de que os eventos na natureza são interligados e ocorrem em uma cadeia de causas e consequências.

A produção integrada – o próprio nome já traz a ideia de integração, interligação, conexão – propõe-se a tratar constantemente desse desafio, buscando sistematizar os processos de produção primária com base no pressuposto de integração entre eventos para a obtenção da excelência em desempenho do sistema produtivo.

Se o objetivo é reduzir a utilização de agrotóxicos na cultura, o início do trabalho ocorre com a escolha da área, da variedade e da época de plantio. Passa, em seguida, pela análise do solo para prover adubação que promova o equilíbrio da planta, pela irrigação, de forma a evitar o desperdício de recursos hídricos e o molhamento excessivo das folhas, o que promoveria aumento da incidência de doenças, e, finalmente, pela adoção de boas práticas agrícolas em geral.

As dificuldades surgem, porém, porque os homens que conduzem os processos se afastam da ideia de integração e se veem separados uns dos outros e do resto do mundo. O imediatismo instala-se, com o objetivo de eliminar problemas de uma forma rápida. Um exemplo simples e corriqueiro que ilustra as consequências dessa ideia é a forma como as pessoas lidam com o lixo que elas próprias produzem. Se alguém que acaba de consumir um refrigerante simplesmente atira a lata para fora da janela do carro – e infelizmente isso ainda é visto no Brasil e em outros lugares do mundo –, isso demonstra claramente que a pessoa se vê separada da natureza. Ao dispensar a lata no ambiente dessa maneira, tem a falsa impressão de se ver livre do problema, uma vez que aquilo que não lhe é mais útil, não está mais em suas mãos. Tal indivíduo se vê separado do ambiente da estrada, do carro que vem atrás e pode ser atingido pela lata de refrigerante, das outras pessoas que podem sofrer um acidente por causa desse gesto. Na verdade, as pessoas estão interligadas,

sofrendo, pois, as consequências de seus atos, mas essa rede de conexões não está visível para muitos seres humanos.

Se, ao invés de uma lata de refrigerante, o objeto a ser descartado for um sofá, que alguém resolve atirar num rio, as consequências poderão ser enchentes, que futuramente poderão causar severos danos à própria pessoa que resolveu “se ver livre” do que não mais lhe interessava.

As consequências da falta de visão sobre a conexão, a impressão de que vivemos separados do ambiente e das demais pessoas, são tanto mais drásticas e prejudiciais quanto maior for a sensação de desligamento.

O resgate da ideia de integração é condição fundamental para que produtores, técnicos e diversos agentes da cadeia produtiva possam compreender e adotar práticas mais sustentáveis e menos imediatistas e impactantes ao meio ambiente.

É desse desafio que trata, no âmbito da agropecuária, a produção integrada.

## Conceitos

Já se vão mais de 10 anos desde que o Brasil começou a trabalhar com o conceito de “produção integrada” trazido da Europa, aplicado inicialmente à fruticultura. Embora até hoje haja quem questione a adequação do termo “integrada”, essa denominação, oriunda do manejo integrado de pragas, foi a que se consolidou e permaneceu até os nossos dias.

Em síntese, produção integrada é um sistema de produção que otimiza técnicas de plantio, manejo, colheita e pós-colheita, resultando em produtos de alta qualidade e segurança.

No Brasil, é um programa coordenado nacionalmente pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), visando a produção de alta qualidade e a segurança em toda a cadeia agropecuária (PI-Brasil). Regionalmente, é coordenado por diversas instituições, que focam o trabalho em distintas cadeias produtivas na agropecuária.

A decisão pela adoção da produção integrada é voluntária, ou seja, parte do produtor, motivado principalmente pela necessidade de diferenciar seu produto, gerando evidências objetivas dos cuidados tomados em todas as etapas da produção. Mas, a partir do momento que o produtor adere à produção integrada, passa a ter a obrigação de cumprir

os requisitos das normas para que obtenha, ao final, um produto que vai receber um selo de qualidade cancelado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

## Normativas

As orientações para a implementação, a avaliação da conformidade e a certificação da produção integrada estão contidas em normas e regulamentos elaborados pelo Mapa e/ou pelo Inmetro, e publicados no Diário Oficial da União (DOU).

Um dos primeiros documentos da produção integrada publicados no Brasil foi a Instrução Normativa nº 20, de 15 de outubro de 2001, ou Marco Legal da Produção Integrada de Frutas (PIF) (ANDRIGUETO; KOSOSKI, 2002). Esse documento-base orientou a elaboração de normas técnicas específicas (NTE) para 15 cadeias produtivas, também publicadas no DOU, na forma de instruções normativas (IN). Assim, as orientações específicas para todos os procedimentos que devem ser adotados no processo produtivo estão contidas nesses documentos.

A IN nº 14, de 1º de abril de 2008 (BRASIL, 2008), complementada posteriormente pela IN nº 24, de 4 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010a), contém as Normas Técnicas Específicas para a Produção Integrada de Morango (NTE-PIMo), com orientações sobre todos os procedimentos obrigatórios, recomendados, proibidos e permitidos com restrição para 15 áreas temáticas, que envolvem diversos aspectos e etapas do sistema de produção.

Além das NTE-PIMo, cadernos de campo e pós-colheita, grade de agrotóxicos e lista de verificação são os documentos de acompanhamento que completam o conjunto de registros que permitem o controle e a rastreabilidade de todo o processo produtivo.

Com o passar do tempo, cadeias agropecuárias também iniciaram a sua organização para a adoção da produção integrada, gerando a necessidade de o marco legal da PIF ser ampliado.

A Instrução Normativa nº 27, de 30 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010b), foi então publicada, contendo as diretrizes gerais para a produção integrada agropecuária (PI-Brasil), ampliando o sistema de produção integrada de frutas para as demais cadeias produtivas.

Em 25 de novembro de 2011, foi publicada a Portaria nº 443, de 23 de novembro de 2011 (INMETRO, 2011), que regulamenta o Programa de Avaliação da Conformidade da

Produção Integrada para todos os produtos do setor agropecuário no Brasil. Essa portaria revoga a Instrução Normativa nº 20, ou Marco Legal da Produção Integrada de Frutas (PIF), que continha regras para a certificação apenas de frutas. A nova portaria consolidou a ampliação das possibilidades de certificação para as demais cadeias agropecuárias.

## Certificação

Uma vez implementado o sistema de produção integrada na lavoura e garantidas as boas práticas nas instalações de apoio – casa de embalagem; local para armazenamento de agrotóxicos; local de guarda de ferramentas e equipamentos; instalações higiênico-sanitárias (banheiros e lavatórios); local para lavagem e guarda de equipamentos de proteção individual (EPI); e local para guarda de objetos pessoais – e a rastreabilidade, um serviço de certificação de terceira parte deve ser contratado para comprovar o cumprimento de todos os requisitos das normas técnicas.

A comprovação se dá por meio da prática de auditoria, conforme o seguinte procedimento: uma certificadora contratada pelo produtor ou grupo de produtores envia uma equipe especializada para levantar evidências objetivas do cumprimento dos requisitos

das normas; em caso de adequação, o produtor poderá se beneficiar da utilização de um selo de identificação da conformidade (Figura 1).



**Figura 1.** Selo de identificação da conformidade (INMETRO, 2011), que comprova que as etapas da PI Brasil submetidas à avaliação da conformidade atendem aos requisitos estabelecidos no Regulamento de Avaliação da Conformidade (INMETRO, 2011) e na Instrução Normativa nº 27/2010 do Mapa.

Fonte: Inmetro (2011).

A primeira certificação brasileira da produção integrada de morango (PIMo) foi conquistada em novembro de 2011, por um grupo de produtores de Atibaia, Jarinu e Valinhos, membros do Programa PIMo-SP, que, desde 2006, trabalharam unidos em busca desse resultado.

Esse foi um importante passo que permitiu aos produtores comprovar – por meio de diversas evidências objetivas, testadas por uma certificadora – que todas as boas práticas agrícolas (BPA) e as boas

práticas de fabricação (BPF) foram adotadas na produção, gerando um morango de alta qualidade e segurança. Essa comprovação torna-se cada vez mais importante num cenário em que a inocuidade dos alimentos e a sustentabilidade reforçam-se como fatores de competitividade das cadeias agrícolas.

Frequentemente, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) divulga os resultados do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos (PARA), que é propagado amplamente pela mídia televisiva, digital e escrita, alertando os consumidores sobre os perigos da contaminação de produtos hortifrutícolas por resíduos de agrotóxicos. O morango sempre ocupa lugar de destaque entre os produtos com maior porcentagem de irregularidades. Esse tipo de propaganda negativa representa um grande risco à sustentabilidade da cadeia.

Nesse contexto, a certificação de um sistema sustentável com a chancela do Inmetro aparece como excelente alternativa para que os produtores garantam mercado, oferecendo um morango de alta qualidade e segurança.

## O coração da produção integrada

Os consumidores conhecem basicamente dois tipos de morangos disponíveis no mercado: morangos da produção convencional e morangos orgânicos.

Na busca por sustentabilidade, a produção integrada de morango (PIMo) está situada no caminho de conversão da produção convencional (PC) em produção orgânica (PO). O manejo integrado de pragas (MIP) é o “coração” do sistema de produção integrada, ou seja, a base técnica para a redução da utilização de agrotóxicos no cultivo. Morangos convencionais são obtidos pelos processos tradicionais de cultivo, em que a utilização de agrotóxicos é permitida. Muitos produtores convencionais adotam boas práticas agrícolas e seguem rigorosamente a legislação vigente. No entanto, pelo fato de não adotarem um sistema de certificação, no final do processo não conseguem diferenciar seu produto dos outros convencionais que não foram obtidos com os mesmos cuidados. Os consumidores, por sua vez, não conseguem diferenciar os morangos convencionais produzidos cuidadosamente daqueles morangos convencionais produzidos de forma negligente, simplesmente porque os produtos agrícolas não vão para gôndolas diferenciadas por marca.

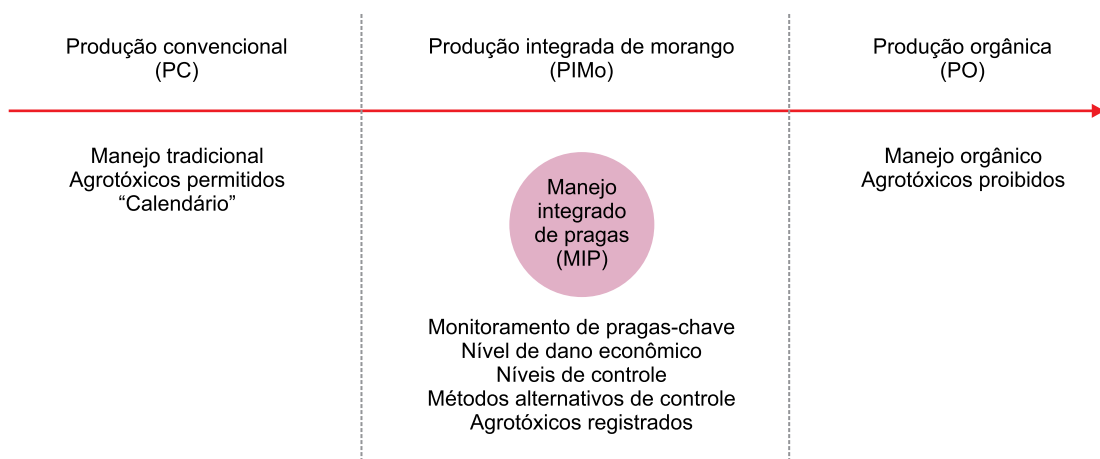
A produção orgânica, por sua vez, não permite a utilização de nenhum tipo de agrotóxico no cultivo, e a condução da cultura segue o manejo e as normas específicas



da produção orgânica. Assim, se os produtores seguirem corretamente as normas, além de poderem receber o selo da produção orgânica, garantirão que não serão detectados resíduos de agrotóxicos em seu produto final.

No caminho da conversão da produção convencional em produção orgânica, situa-se a produção integrada, na qual o uso de agrotóxicos é permitido, desde que registrados para as culturas em questão e utilizados de forma disciplinada, como último recurso para o controle de pragas e doenças (Figura 2).

Na produção convencional, os produtores costumam seguir um calendário de aplicação de agrotóxicos, em que muitas aplicações preventivas são motivadas pelo receio do ataque de pragas e doenças, mesmo que elas não estejam visíveis ou causando danos econômicos à lavoura. No sistema convencional de cultivo do morangueiro, é comum que



**Figura 2.** Produção integrada de morango (PIMo), situada no caminho de conversão da produção convencional (PC) em produção orgânica (PO), sendo o manejo integrado de pragas (MIP) o “coração” do sistema de produção integrada, ou seja, a base técnica para a redução da utilização de agrotóxicos no cultivo.

as aplicações de agrotóxicos sejam semanais ou quinzenais, independentemente da ocorrência das pragas, podendo chegar a mais de 40 aplicações em uma safra.

O investimento financeiro em uma cultura de morango é relativamente alto, e as plantas são bastante suscetíveis a pragas e doenças. Além disso, as condições climáticas ótimas para o desenvolvimento do morangueiro muitas vezes coincidem com as condições

para o desenvolvimento das pragas. O produtor convencional opta pela aplicação – muitas vezes desnecessária – de agrotóxicos, para não correr o risco de perder o investimento que fez na lavoura.

Na produção integrada, os esforços são empregados no sentido de garantir o equilíbrio fisiológico e nutricional às plantas desde o momento de decisão pelo local de plantio e da variedade a ser cultivada. Todas as decisões são planejadas no propósito de alcançar as melhores condições de equilíbrio nutricional e desenvolvimento fisiológico do morangueiro, o que confere maior resistência a pragas e doenças (GRAHAM, 1983; HUBER, 1980; MARSCHNER, 1995; ZAMBOLIM; VENTURA, 1996). As adubações observam obrigatoriamente as recomendações feitas com base nos resultados das análises de solo. As variedades são escolhidas de acordo com sua aptidão climática e resistência a problemas fitossanitários. A rotação de área é obrigatória, visando manter cultivo em locais onde haja sempre a menor pressão de inóculo possível. Grande investimento de recursos é feito no treinamento de produtores, colaboradores e técnicos com o objetivo de capacitá-los na tomada de decisão, levando em conta os princípios de equilíbrio nutricional e fisiológico da planta e a sustentabilidade do sistema produtivo, ou seja, a redução de impactos durante o processo de produção. Com foco, organização, interação entre instituições e vontade política, a conversão do sistema convencional em sistema de produção integrada é possível na cultura do morango.

## Referências

- ANDRIGUETO, J. R.; KOSOSKI, A. R. (Org.). **Marco legal da produção integrada de frutas do Brasil**. Brasília, DF: MAPA-SARC, 2002. 60 p. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/servlet/VisualizarAnexo?id=2269>>. Acesso em: 20 ago. 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº14, de 1º de abril de 2008. Normas técnicas específicas para a produção integrada de morango. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1º abr. 2008. Seção 1, p. 3-5.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº24, de 4 de abril de 2010. Altera o subitem 8.1 do Anexo da Instrução Normativa MAPA nº14, de 1º de abril de 2008 - na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 ago. 2010a. Seção 1, p. 16. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/credenciamento/organismos/pif.asp#morango>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº27, de 30 de agosto de 2010. Diretrizes gerais para a produção integrada agropecuária (PI-Brasil). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 ago. 2010b. Seção 1, p. 7.
- GRAHAM, R. D. Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. **Advances in Botanical Research**, v. 10, p. 221-276, 1983.

HUBER, D. M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (Ed.). **Plant pathology**: an advanced treatise. New York: Academic, 1980. v. 5, p. 381-406.

INMETRO (Brasil). **Portaria nº443, de 23 de novembro de 2011**. Aprova os requisitos de avaliação da conformidade para Produção Integrada Agropecuária – PI Brasil. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001761.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. New York: Academic, 1995. 889 p.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. **Resistência a doenças induzidas pela nutrição das plantas**. Piracicaba: Potafos, 1996. 16 p. (Encarte Técnico. Informações Agronômicas, 75).

CAPÍTULO  
**15**

# Produção de base ecológica

José Ernani Schwengber  
Denise de Souza Martins  
André Samuel Strassburger  
Maristela Watthier



## Introdução

Embora a legislação vigente no Brasil englobe, sob a denominação “orgânico” (Lei nº 10.831/2003; Instrução Normativa nº 46/2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), os diferentes sistemas de produção de base ecológica (orgânico, biodinâmico, natural, ecológico, permacultural, biológico, entre outros) estão embasados em princípios específicos das distintas correntes do pensamento agroecológico. Conquanto esses sistemas de produção de base ecológica apresentem semelhanças entre si, é preciso entender suas bases filosóficas e particularidades. Assim, será possível compreender a origem e o conceito de cada um, com base na sua realidade (EHLERS, 1999; FUKUOKA, 1995; HOWARD, 2007; MOLLISON; SLAY, 1994; STEINER, 2000).

A crescente demanda da sociedade por alimentos isentos de contaminação química por resíduos de agrotóxicos, associada à preocupação ambiental e à qualidade de vida dos agricultores, tem levado ao desenvolvimento e à valorização de sistemas de produção de base ecológica.

A Embrapa, atenta às demandas da sociedade, se propôs a ajudar a construir um conhecimento com base em princípios agroecológicos. Para tanto, publicou, em 2006, o *Marco referencial em agroecologia*, no qual estão definidos os conceitos básicos sobre o que se entende por agroecologia, bem como estabelece estratégias para a transição agroecológica.

Nesse processo, alertam Caporal e Costabeber (2004), não se deve confundir agroecologia com práticas agrícolas, já que estas últimas podem estar voltadas exclusivamente ao desenvolvimento de tecnologias que visem aos nichos de mercado, relegando as dimensões ecológicas e sociais.

Essa preocupação quanto à definição e à qualificação de estilos de agricultura menos impactantes ao homem e ao ambiente tem ganhado importância e visibilidade a partir dos resultados obtidos pelo Programa de Avaliação de Resíduos de Agrotóxicos (Para), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Entre os produtos analisados, o morango tem tido, sistematicamente, resultados insatisfatórios quanto aos resíduos de agrotóxicos encontrados. Nos anos de 2007, 2008, 2009 e 2010, respectivamente, 43,62%, 36,05%, 50,8% e 63,4% das amostras foram reprovadas pela Anvisa (2011).

Os agrotóxicos, juntamente com os fertilizantes químicos solúveis, vêm contaminando os alimentos, o solo, a água, os animais e o homem, com consequências ainda desconhecidas (RIGOTTO, 2011).

Diante disso, observa-se uma crescente exigência do mercado consumidor em relação à qualidade dos produtos alimentícios, o que inclui alimentos isentos de contaminação química por agrotóxicos (AUMENTO..., 2010). Esse processo, juntamente com a conscientização sobre os riscos decorrentes da aplicação indiscriminada de agrotóxicos, tem levado ao desenvolvimento de sistemas de produção que visam ao processo de transição agroecológica.

Este capítulo tem por objetivo divulgar informações sobre o manejo da cultura do morangueiro em sistema de produção de base ecológica, com a descrição de práticas alternativas eficientes.

## Manejo do solo

A análise química de solo é de grande importância para o diagnóstico de carências nutricionais e para sua adequação às exigências da cultura; no entanto, não é o fator mais importante para a obtenção de um solo de qualidade. Para a produção de base ecológica, é fundamental o uso de solos vivos, ou seja, ricos em microrganismos. Para isso, é preciso recorrer a certas práticas, como a utilização de adubação verde e a rotação de culturas, além da adubação com produtos orgânicos compostados, húmus de minhoca e biofertilizantes.

A recomendação quanto à quantidade de adubos orgânicos necessários para a produção de morangos dependerá do tipo e da qualidade do solo, porém já se constatou que a utilização de 3 kg a 5 kg de húmus de minhoca por metro quadrado de área tem demonstrado excelentes resultados (SCHWENGBER; SCHIEDECK, 2008; SCHWENGBER, 2011). Além de húmus, complementações com fosfato natural, cinzas vegetais, torta de mamona e calcário podem ser necessárias. Também é aconselhada a aplicação de trichoderma ( $2 \text{ g m}^{-2}$ ), que faz o controle natural de fungos de solo causadores de podridões das raízes (OLIVEIRA; VALDEBENITO-SANHUEZA, 2005).

Recomenda-se o cultivo do morangueiro em canteiros elevados, de 30 cm a 35 cm de altura, e em terrenos levemente inclinados, evitando-se, assim, o encharcamento do solo, o que poderia provocar o aparecimento de podridão nas raízes.



A área de cultivo deve ser bem exposta ao sol. Preferencialmente, com inclinação norte ou leste, o que propicia insolação adequada nas primeiras horas do dia, facilitando o secamento das folhas e frutas, o que, por sua vez, reduz a possibilidade de desenvolvimento de doenças, principalmente as de origem fúngica. Também é necessário que a área disponha de água de boa qualidade para a irrigação e tenha proteção contra ventos fortes.

Como o sistema radicular do morangueiro é bastante superficial, deve-se priorizar o uso de coberturas do solo. Essas, além de manterem úmida a camada superficial do solo, reduzem a competição com plantas espontâneas e a lixiviação de nutrientes, além de protegerem as frutas contra o contato direto com o solo, evitando-se, assim, o aparecimento de podridões. O material usado na cobertura do solo deve, preferencialmente, ser de origem orgânica (casca de arroz, maravalha de madeira, acículas de pinus, etc.), mas também pode ser utilizado o plástico preto (*mulching*), a cujo uso a legislação brasileira dos orgânicos não faz nenhuma restrição. Os intervalos entre canteiros devem ser cobertos com material vegetal, evitando-se, assim, a emergência de plantas espontâneas e a formação de barro, que prejudicam o manejo da área (Figura 1).



Foto: José Emani Schwengber

**Figura 1.** Cobertura dos caminhos entre canteiros, com acículas de pinus. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2010.

## Cultivares

A escolha das cultivares a serem utilizadas nos sistemas de produção de base ecológica é um dos fatores fundamentais para o sucesso da lavoura, devendo-se dar preferência

a cultivares adaptadas aos locais de produção e resistentes ao ataque de doenças e pragas (SCHWENGBER; SCHIEDECK, 2008; SOUZA; RESENDE, 2006). Além disso, é importante conhecer as principais características das frutas das distintas cultivares, como a cor, o sabor e o formato, para que elas tenham boa aceitação no mercado consumidor. Conhecer a duração do ciclo, a produtividade na região de cultivo e a facilidade para aquisição das mudas são informações determinantes para a escolha da cultivar.

Atualmente, um grande número de cultivares está disponível no mercado brasileiro, sendo que muitas delas podem ser utilizadas com êxito em sistemas de produção de base ecológica, mesmo não tendo sido desenvolvidas para tais condições. A seguir, são apresentadas cultivares de dia curto (Camarosa, Oso Grande e Camino Real) e de dia neutro (Aromas, Diamante e Albion) que têm mostrado bons resultados em produção e qualidade das frutas em sistemas ecológicos de produção.

**Cultivar Camarosa** – plantas vigorosas, com folhas grandes e de coloração verde-escura, ciclo precoce, com colheita concentrando-se entre os meses de agosto e dezembro na região de Pelotas, RS. Em sistemas de base ecológica, têm apresentado capacidade produtiva que varia de 800 g a 1.200 g de frutas por planta. As frutas são grandes, com

formato piramidal, podendo ocorrer frutas com formato do tipo leque, de coloração vermelho-escura, polpa firme e sabor subácido, sendo indicada tanto para consumo in natura quanto para industrialização (Figura 2).

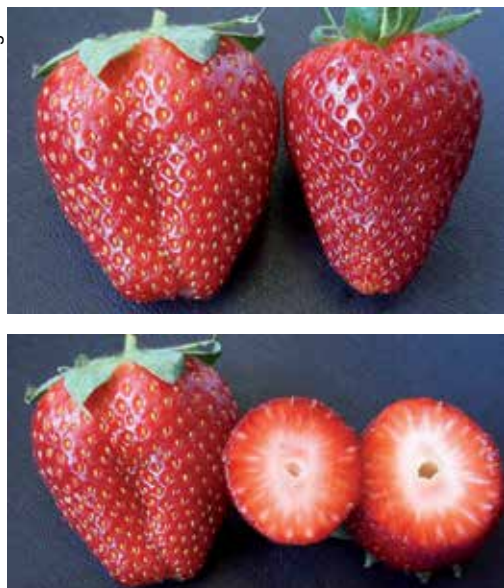
**Cultivar Oso Grande** – assim como a ‘Camarosa’, apresenta folhas grandes de coloração verde-escura, plantas bastante vigorosas e ciclo produtivo entre os meses de agosto e dezembro. Nesse sistema, são produzidos aproximadamente 600 g a 800 g de frutas grandes por planta, de coloração vermelho-clara e aromáticas. São frutas próprias para o consumo in natura, graças ao seu sabor subácido (Figura 3).

Fotos: José Emani Schwengber



**Figura 2.** Características das frutas de morangueiro ‘Camarosa’. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2010.

Fotos: José Ermani Schwengber



**Figura 3.** Características das frutas de morangueiro ‘Oso Grande’. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2010.

das temperaturas. Essas condições favorecem a produção de estolões no início do verão, em detrimento da produção de frutas, dificultando a produção tardia de frutas.

As plantas de dias neutros (DN), ou indiferentes ao fotoperíodo, são aquelas que apresentam menor sensibilidade às variações do fotoperíodo e ao aumento das temperaturas, o que possibilita a produção tardia de frutas e, consequentemente, a obtenção de melhores preços no mercado. Algumas cultivares de dia neutro que têm mostrado bons resultados em sistemas ecológicos de produção são a seguir apresentadas.

**Cultivar Camino Real** – em comparação com a ‘Camarosa’, apresenta plantas mais compactas, com menor desenvolvimento e mais abertas, permitindo um maior adensamento de plantio. É moderadamente sensível à *Mycosphaerella* e tem uma produção um pouco mais tardia do que a ‘Camarosa’. Possui frutas firmes e bem formadas e baixa porcentagem de descarte. Essa cultivar tem produzido de 600 g a 800 g de frutas por planta em sistemas ecológicos de produção (Figura 4).

As cultivares apresentadas anteriormente são classificadas como de dias curtos (DC), o que significa que são bastante sensíveis ao aumento do fotoperíodo e à elevação



Fotos: José Ermani Schwengber



**Figura 4.** Características das frutas de morangueiro ‘Oso Grande’. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2010.



**Cultivar Aromas** – planta com estatura mediana e hábito de crescimento ereto, tem se mostrado mais produtiva do que outras cultivares de DN (700 g a 1.100 g de frutas por planta). As frutas são de tamanho médio a grande, com bons aspecto e sabor, firmes e com coloração vermelho-escura externa e internamente, o que permite seu uso tanto para consumo in natura quanto para industrialização (Figura 5).

**Cultivar Diamante** – planta compacta e de porte ereto, o que facilita o adensamento de plantas e a colheita. A produtividade tem ficado na faixa de 600 g a 800 g de frutas por planta. É levemente sensível ao ataque de fungos radiculares. As frutas são grandes, de boa qualidade, saborosas e medianamente firmes, porém seu interior apresenta coloração vermelho-pálida, não sendo apropriada para a agroindústria (Figura 6).

**Cultivar Albion** – apresenta folhas coriáceas e eretas, assemelhando-se à ‘Diamante’, o que facilita a colheita. As frutas têm formato cônico alongado, têm excelente sabor e são maiores, mais escuras e mais firmes do que as frutas de ‘Diamante’. Vem sendo estudada em sistema de produção de base ecológica e mostrando produção entre 600 g e 800 g de frutas por planta (Figura 7).

**Figura 7.** Características das frutas de morangueiro ‘Albion’. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2010.



Fotos: José Ermani Schwengber



**Figura 5.** Características das frutas de morangueiro ‘Aromas’. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2010.



Foto: José Ermani Schwengber

**Figura 6.** Características das frutas de morangueiro ‘Diamante’. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2010.



Foto: José Ermani Schwengber

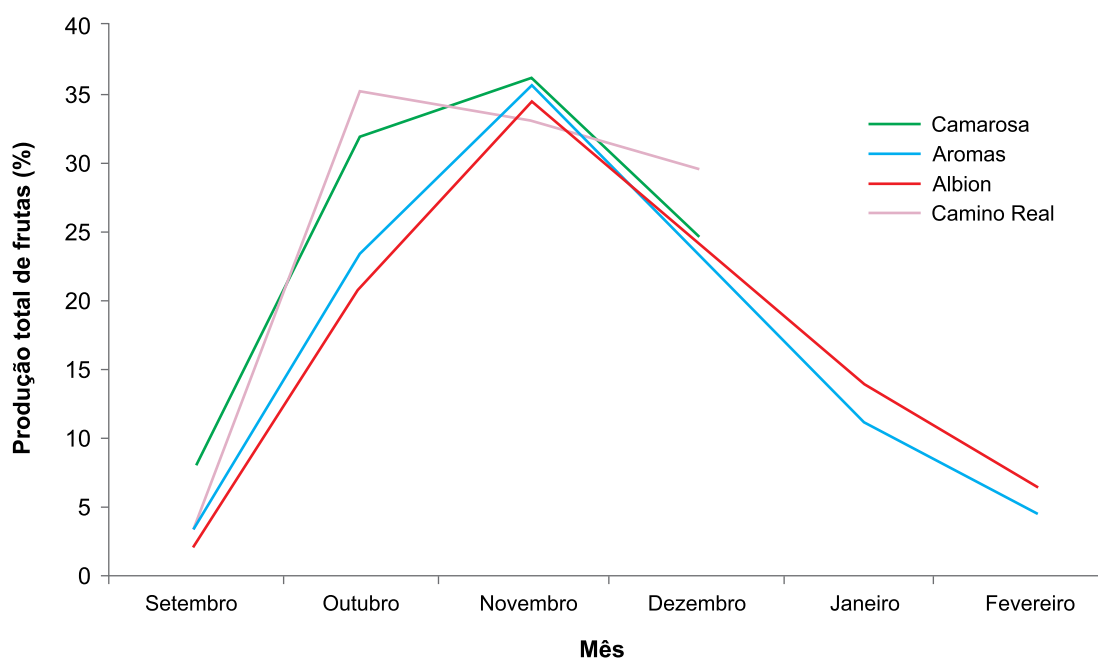
Em trabalhos realizados na Estação Experimental Cascata nos anos de 2008 e 2009, foram obtidos resultados interessantes de produtividade das cultivares (Tabela 1), bem como um gráfico de distribuição da produção, que mostra que é possível obter frutas nos meses de janeiro e fevereiro (Figura 8) (MARTINS et al., 2011).

**Tabela 1.** Índices de produtividade de cultivares de morangueiro em sistema de produção de base ecológica.

Cultivar	Produção de frutas		Número de frutas	Massa média de frutas (g por fruta)
	g por planta	mg ha <sup>-1</sup>		
Camarosa	1.004,2a	59,1a	69,1b	14,6a
Aromas	922,1ab	54,2ab	78,7a	11,7b
Albion	791,0b	46,5b	53,0c	15,0a
Camino Real	604,5c	35,6c	39,1d	15,7a
CV (%)	10,7	10,7	8,4	4,6

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Turkey (5%).

Fonte: Martins et al. (2011).



**Figura 8.** Distribuição da produção de frutas em porcentagem da produção total.

Fonte: Martins et al. (2011).

## Cuidados com as mudas

Antes de realizar o transplante, alguns aspectos devem ser observados, como a classificação e a limpeza das mudas. Mudas com diâmetro de coroa muito pequeno, abaixo de 4 mm, devem ser evitadas, pois possuem baixa quantidade de reserva de fotoassimilados e de gemas diferenciadas. Também devem ser evitadas mudas atacadas por fungos e que, pelo armazenamento prolongado, apresentem sintomas de podridão.

Deve-se realizar uma poda de limpeza das mudas, também chamada “toalete”, que consiste em eliminar as folhas velhas e em excesso, e manter apenas as folhas novas. Nesse momento, também pode ser feita a poda das raízes, se em excesso ou se forem muito longas, de forma a deixá-las com aproximadamente 10 cm de comprimento. Esse procedimento reduz as reservas de energia das plantas e promove danos às raízes, porque pode facilitar a entrada de patógenos que promovam o desenvolvimento de doenças no sistema radicular. No entanto, a poda das raízes permite sua adequada distribuição no solo no momento do transplante, facilitando o plantio e evitando o seu enovelamento, o que poderia dificultar o desenvolvimento das raízes secundárias e, conseqüentemente, das plantas (Figura 9).

A profundidade adequada de plantio das mudas é aquela em que a coroa fica no nível do terreno. Se a coroa ficar muito enterrada, haverá dificuldade de emissão de novas folhas e poderá ocorrer o seu apodrecimento. Por sua vez, se a coroa ficar muito superficial no solo, a intersecção entre as raízes primárias e a coroa ficará exposta, dificultando a emissão e a fixação das raízes secundárias, prejudicando, assim, a fixação da planta no solo e seu desenvolvimento (Figura 9).

Em cultivos de base ecológica, recomendam-se espaçamentos de 30 cm a 40 cm entre plantas e entre linhas, com duas ou três linhas de cultivo em cada



Foto: José Emani Schwengber

**Figura 9.** Limpeza e poda de raízes de morangueiro antes do plantio e indicação de profundidade para o plantio das mudas. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2010.

canteiro, e plantas dispostas na forma de quincôncio. Cultivares com menor desenvolvimento da parte aérea, como Camino Real, permitem um maior adensamento de plantio pela arquitetura de suas plantas. Cultivares como Camarosa, que apresentam um grande desenvolvimento da parte aérea, exigem espaçamentos maiores. Densidades muito elevadas por unidade de área reduzem a ventilação entre as plantas, podendo proporcionar um ambiente mais favorável ao aparecimento de doenças, além de dificultarem os tratos culturais e a colheita (Figuras 10 e 11).

## Manejo da água e da fertirrigação orgânica

Por ser uma cultura extremamente sensível ao déficit hídrico, a irrigação é uma prática indispensável ao sucesso do cultivo do morangueiro. A irrigação por gotejamento é a mais indicada para a cultura em virtude da sua elevada eficiência de uso da água e por reduzir o molhamento da parte aérea das plantas, diminuindo a possibilidade de ocorrência de doenças. Para que não ocorra o entupimento dos gotejadores e o comprometimento na uniformidade da distribuição da água na área, deve-se instalar um sistema de filtros na entrada da malha de irrigação.

Um manejo que vem sendo adotado no cultivo do morangueiro de base ecológica é a fertirrigação orgânica, com a utilização de húmus líquido e biofertilizantes, injetados na



Foto: Denise de Souza Martins

**Figura 10.** Ocupação do espaço nos canteiros pela cultivar Camino Real. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2008.



Foto: Denise de Souza Martins

**Figura 11.** Ocupação do espaço nos canteiros pela cultivar Camarosa. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2008.



água de irrigação com o auxílio de um tubo tipo Venturi. Para o preparo do húmus líquido na concentração de 10%, utilizam-se 20 kg de húmus de minhoca, obtidos de esterco bovino (com umidade de aproximadamente 50%), e 100 L de água. Misturam-se os dois materiais e agita-se a mistura pelo menos uma vez ao dia, por um período de 2 a 5 dias (SCHIEDECK et al., 2008; SCHIEDECK; SCHWENGBER, 2010). Em seguida, filtra-se o material. A parte sólida, que vai ser descartada, poderá ser utilizada para a adubação de canteiros; e a parte líquida vai ser utilizada na fertirrigação da lavoura. A aplicação quinzenal de 1 L m<sup>-2</sup> tem sido suficiente para manter as plantas produtivas e sem sintomas de deficiência nutricional (Figuras 12, 13 e 14).

Foto: Gustavo Schiedeck



**Figura 12.** Processo de filtragem do húmus líquido para posterior aplicação em fertirrigação orgânica. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2008.



Foto: José Emani Schwengber

**Figura 13.** Instalação do sistema de irrigação por gotejamento. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2008.



Foto: Gustavo Schiedeck

**Figura 14.** Processo de injeção do húmus líquido em fertirrigação orgânica. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2008.

A necessidade hídrica deve ser monitorada pelo agricultor, para que não ocorram deficit nem excesso de água durante o cultivo. A água deve ser de boa qualidade e isenta de contaminantes químicos ou biológicos.

## Manejo de túneis plásticos

O morangueiro pode ser cultivado a céu aberto ou protegido por túneis ou estufas plásticas. A proteção dos cultivos, apesar de onerar os custos com a lavoura, pode proporcionar vantagens, como colheita precoce, maior produtividade e melhor qualidade das frutas, além de menor incidência de doenças, desde que seja realizado o adequado manejo dos túneis e estufas. Se não forem tomados os cuidados de manejo, o uso de túneis ou estufas poderá ser até mesmo prejudicial ao cultivo, por aumentar a incidência de doenças. Para um manejo adequado dos túneis e estufas, é necessário adotar as medidas indicadas a seguir.

**Abertura pela manhã** – as duas laterais devem ser abertas logo na primeira hora da manhã para a retirada da umidade do interior dos túneis e, assim, permitir o secamento das plantas, o que vai evitar o aparecimento de doenças (SCHWENGBER; SCHIEDECK, 2008). Em dias ventosos, abrir somente a lateral oposta à direção predominante do vento, para que não ocorram danos às plantas e ao plástico.

**Fechamento no final da tarde** – as duas laterais devem ser fechadas ao final da tarde para que haja acúmulo térmico no interior dos túneis, mesmo que essa temperatura não permaneça mais alta do que a temperatura exterior durante toda a noite.

Entre as vantagens do uso de estruturas de proteção ao cultivo está a proteção contra geadas, granizo e excesso de chuvas. Assim, as estruturas devem ser mantidas fechadas em dias de chuva, mas devendo ser abertas logo que as condições climáticas mudarem (Figura 15).

A manutenção dos túneis ou estufas abertas durante o dia possibilita adequada ventilação para as plantas e garante a visita



Foto: José Emani Schwengber

**Figura 15.** Vista parcial da abertura parcial dos túneis de cultivo. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, 2010.

de abelhas ou outros insetos polinizadores às flores, permitindo o favorável desenvolvimento das frutas. A manutenção das estruturas fechadas, ao contrário, aumenta a temperatura e a umidade do ar no interior dos túneis, predispondo-os à ocorrência de doenças e a problemas de polinização, do que resultarão frutas deformadas.

Assim, a utilização de métodos de proteção no cultivo do morangueiro, aliada a um correto manejo, poderá garantir a produção de frutas de qualidade.

## Manejo de inseto e doenças

A ocorrência de pragas e doenças demonstra o desequilíbrio existente no ambiente de cultivo. Assim, adoção de práticas de manejo que visem restabelecer o equilíbrio do agroecossistema é fundamental para que se obtenha um ambiente mais favorável ao cultivo de base ecológica. O tipo de manejo do solo, da água, das mudas, das plantas, dos túneis e o uso de cultivares adaptadas podem determinar ou prevenir o surgimento de pragas e doenças no cultivo.

Mesmo mantendo todos os cuidados preventivos para evitar o aparecimento de pragas e doenças, elas podem ocorrer em virtude da predominância de condições ambientais favoráveis, tornando-se, então, necessárias intervenções com os chamados “produtos alternativos”. A listagem dos produtos permitidos para a produção orgânica pode ser encontrada na IN nº 46 de 6/10/2011, editada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), em substituição à IN nº 64, de 18/12/2008, que regulamenta tecnicamente os sistemas orgânicos de produção de origem vegetal e animal, tendo por base a Lei nº 10.831, de 23/12/2003, e o Decreto nº 6.323, de 27/12/2007.

O uso desses insumos alternativos deve ser feito de forma criteriosa e, preferencialmente, preventiva, a começar do monitoramento dos desequilíbrios encontrados na lavoura. Deve-se, então, evitar o uso dos pacotes tecnológicos chamados de “verdes”. A melhor medida continua sendo a prevenção e o restabelecimento do equilíbrio do sistema de produção.

Uma das alternativas recomendadas de forma preventiva para o controle de doenças do solo é o uso de *Trichoderma viride* (MARTINS, 2010; OLIVEIRA; VALDEBENITO-SANHUEZA, 2009). Em agroecossistemas com manejo orgânico, os fungos do gênero *Trichoderma* desenvolvem-se espontaneamente, o que reduz a necessidade de inoculações com o decorrer

da melhoria do ambiente, já que, segundo Melo (1998), essas espécies são especialmente encontradas em solos orgânicos.

Quanto à presença de ácaros, percebe-se que há uma grande diversidade de ácaros predadores associados em morangueiros cultivados em sistemas de produção de base ecológica. Ferla et al. (2007), em estudo realizado nos municípios de Bom Princípio, Capitão e Lageado, no Rio Grande do Sul, encontraram uma gama de ácaros predadores associados (20 espécies), tanto nas plantas de morangueiro quanto em plantas associadas (juntas ou próximas à cultura). Assim, a preservação de plantas espontâneas na área de cultivo aumenta a biodiversidade, favorecendo a permanência de inimigos naturais. No entanto, quando necessário, pode-se lançar mão do uso de agentes de controle biológico, bem como de caldas e produtos naturais, aceitos pela legislação que rege os orgânicos no Brasil. A calda sulfocálcica tem sido usada em experimentos na Estação Experimental Cascata, pertencente à Embrapa Clima Temperado, como forma de controle preventivo do ácaro-do-enfezamento, em três pulverizações, aos 15, 30 e 45 dias após o plantio, na dosagem de 0,3 °Bé. Dosagens muito elevadas, tanto de calda bordalesa quanto de calda sulfocálcica, podem causar manchas nas frutas (MAGNABOSCO, 2010). Já Bernardi et al. (2010) recomendam tratamentos com extratos da planta de Nim (*Azadiractina indica* A. Juss). No entanto, os mesmos autores salientam que é fundamental o uso de produtos comerciais com padronização do princípio ativo azadiractina. Esses produtos devem ser aplicados sequencialmente, em intervalos de 7 dias, totalizando duas aplicações, as quais podem ser seguidas pela liberação de ácaros predadores das espécies *Neseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*. A azadiractina não é tóxica quando aplicada sobre ácaros predadores.

Outro inseto associado à cultura do morangueiro que pode causar danos é a broca-das-frutas (*Lobiopa insularis*). Como ela é atraída pelo odor das frutas maduras, pode ser controlada pelo aumento de frequência da colheita, evitando-se deixar frutas muito maduras na lavoura. A limpeza constante de frutas danificadas também é recomendada.

Com as frutas muito maduras ou danificadas pode-se fazer um suco, que servirá como atrativo quando colocado nas bordas da lavoura. O suco pode ser colocado em garrafas PET, contendo três ou quatro orifícios, com o diâmetro de um lápis. Assim, os insetos capturados podem ser retirados da lavoura.

Como medida para a redução da fonte de inóculo de doenças na lavoura, limpezas das plantas devem ser realizadas, removendo, constantemente, folhas, frutas e até mesmo plantas severamente atacadas. O uso da calda bordalesa tem se mostrado eficiente para o manejo

de algumas doenças foliares, como a mancha da *Gnomonia* (*Gnomonia comari*), a mancha de *Mycosphaerella* (*Mycosphaerella fragariae*), a mancha de *Dendrophoma* (*Dendrophoma obscurans*), a mancha de *Diplocarpon* (*Diplocarpon earliana*), entre outras.

Outras caldas, biofertilizantes e extratos de plantas podem ser utilizados quando necessários, porém, cabe ressaltar a importância da preservação e da diversificação do ambiente para que haja equilíbrio e, conseqüentemente, redução dos danos causados por insetos ou doenças na lavoura.

## Cuidados gerais durante o cultivo

O correto manejo da lavoura e das condições de cultivo ajuda a reduzir a ocorrência de pragas e doenças e, assim, diminuir o uso de insumos fitoprotetores, proporcionando um ambiente de cultivo equilibrado para a produção das frutas.

Para isso, o manejo dos túneis deve ser adequado, e deve-se proceder à limpeza das plantas periodicamente, retirando-se as partes atacadas por doenças, o que vai reduzir a proliferação de fungos fitopatogênicos e a pressão de inóculo.

Como algumas cultivares emitem estolões durante o período produtivo, é recomendada a sua remoção, a fim de evitar o desperdício de fotoassimilados para órgãos de reprodução não desejados, o que poderia reduzir o desenvolvimento das inflorescências e frutas, diminuindo a produtividade.

Analisando-se o comportamento de diferentes espécies de insetos polinizadores do morangueiro, verificou-se que a presença de espécies vegetais em volta da lavoura exerce um efeito complementar na atração de agentes polinizadores. Sugere-se, então, que o produtor de morango maneje as floradas do entorno e mantenha faixas de vegetação natural próximo da lavoura, o que vai aumentar a variedade de espécies de abelhas presentes, garantindo melhores polinização, qualidade e produção de frutas (MALAGODI-BRAGA; KLEINERT, 2007). Além de exercer atração sobre as abelhas, essa prática também atrai outros insetos benéficos, que contribuem para o equilíbrio da produção de base ecológica.

A colheita das frutas deve ser realizada, no mínimo, três vezes por semana, retirando-se as frutas que apresentem mais de 75% da coloração vermelha. Para isso, com a ajuda dos dedos ou da unha, corta-se o pedúnculo, para destacar as frutas das plantas, mas de forma

que uma parte do pedúnculo e as sépalas fiquem aderidas às frutas, garantido a elas boa apresentação, qualidade e duração pós-colheita.

## Considerações finais

A transição de sistemas convencionais com base no uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos para sistemas de produção de base ecológica nem sempre é tarefa fácil. Mas é certo que o rompimento com o hábito de recorrer aos chamados pacotes tecnológicos baseados na utilização de insumos químicos sintéticos vai induzir o agricultor a adotar uma nova forma de ver a agricultura, na qual homem e natureza deverão interagir de forma harmônica.

Não existem receitas prontas a ser seguidas. O que se espera é que o agricultor saiba manter uma interação orgânica com o agroecossistema, como forma de identificar e adotar medidas que tanto visem à produção econômica dos cultivos quanto à preservação ambiental e da saúde da família agricultora e dos consumidores.

Dessa forma, o processo de transição pode ser mais ou menos lento, a depender das condições ambientais locais, bem como do grau de comprometimento da família agricultora. Porém, os resultados desse processo contribuirão para a conservação da natureza e para o aumento da qualidade de vida do homem.

## Referências

- ANVISA. **Programa de análise de resíduos tóxicos em alimentos (PARA)**: relatório de atividade de 2011. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Agrotoxicos+e+Toxicologia/Assuntos+de+Interesse/Programa+de+Analise+de+Residuos+de+Agrotoxicos+em+Alimentos>>. Acesso em: 1º mar. 2012.
- AUMENTO de consumo desafia agricultura orgânica brasileira. **Gazeta do Povo**, 16 set. 2010. Economia. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/conteudo.phtml?id=1047397>>. Acesso em: 1º mar. 2011.
- BERNARDI, D.; BOTTON, M.; CUNHA, U. da S.; NAVA, D. E.; GARCIA, M. S. **Bioecologia e controle do ácaro-rajado com o emprego da azadiractina e ácaros predadores na cultura do morangueiro**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 8 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, 83).
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: aproximando conceitos com a noção de sustentabilidade. In: RUSCHEINSKY, A. (Org.). **Sustentabilidade**: uma paixão em movimento. Porto Alegre: Sulina, 2004. p. 46-61.
- EHLERS, E. **Agricultura sustentável**: origens e perspectivas de um novo paradigma. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. 157 p.



FERLA, N. J.; MARCHETTI, M. M.; GONÇALVES, D. Ácaros predadores (Acari) associados à cultura do morango (*Fragaria* sp., Rosaceae) e plantas próximas no Estado do Rio Grande do Sul. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, p. 1-8, 2007.

FUKUOKA, M. **Agricultura natural**: teoria e prática da filosofia verde. São Paulo: Nobel, 1995. 300 p.

HOWARD, A. **Um testamento agrícola**. São Paulo: Expressão Popular, 2007. 360 p.

MAGNABOSCO, M. C. **Avaliação da eficiência de calda bordalesa, da calda sulfocálcica e do biofertilizante supermagro no cultivo orgânico do morangueiro**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

MALAGODI-BRAGA, K. S.; KLEINERT, A. M. P. Como o comportamento das abelhas na flor do morangueiro (*Fragaria ananassa* Duchesne) influencia a formação dos frutos? **Bioscience Journal**, v. 23, p. 76-81, nov. 2007. Suplemento 1.

MARTINS, D. de S. **Produção e qualidade de frutas de diferentes cultivares de morangueiro em sistema de produção de base ecológica**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MARTINS, D. de S.; SCHWENGBER, J. E.; STRASSBURGER, A. S.; SILVA, J. B. e; ANTUNES, L. E. C. **Avaliação do desempenho produtivo de cultivares de morangueiro sob sistema de produção de base ecológica na região de Pelotas, RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. 18 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 134).

MELO, I. S. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Ed.). **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. v. 1, p. 17-67.

MOLLISON, B.; SLAY, R. M. **Introdução à permacultura**. 2. ed. Tyalgum: Tagari Publications, 1994.

OLIVEIRA, F. R. de; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. **Uso de *Trichoderma viride* (T15) no morangueiro para controle de fungos fitopatogênicos de solo**. Disponível em: <[http://www.agroecologiaemrede.org.br/upload/arquivos/P435\\_2005-11-23\\_133332\\_061.pdf](http://www.agroecologiaemrede.org.br/upload/arquivos/P435_2005-11-23_133332_061.pdf)>. Acesso em: 1º dez. 2009.

RIGOTTO, R. M. Os conflitos entre o agronegócio e os direitos das populações: o papel do campo científico. **Revista Pegada**, v. 12, n. 1, p. 123-140, 2011. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/pegada/article/viewFile/918/947>>. Acesso em: 7 fev. 2012.

SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J. E. (Org.). **Húmus líquido**: adubação orgânica líquida visando a transição agroecológica. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 1 p.

SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J. E.; GONÇALVES, M. de M.; SCHIAVON, G. de A. **Preparo e uso de húmus líquido**: opção para adubação orgânica em hortaliças. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado técnico, 195).

SCHWENGBER, J. E.; SCHIEDECK, G. **Sistema orgânico de produção de morangos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 2 p.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 2. ed. atual. e ampl. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 843 p.

STEINER, R. **Fundamentos da agricultura biodinâmica**: vida nova para a terra. 2. ed. São Paulo: Antroposófica, 2000. 235 p.



# CAPÍTULO 16

## Manejo integrado de pragas

Marcos Botton  
Dori Edson Nava  
Maria Aparecida Cassilha Zawadneak  
Daniel Bernardi  
Aline Nondillo



## Introdução

Um dos fatores que mais limitam o cultivo de morangueiro no Brasil é a ocorrência de pragas, entre as quais se destacam: ácaros, pulgões, tripses, lagartas, besouros e moluscos. O manejo dessas pragas nos cultivos é fator-chave para evitar perdas econômicas e garantir uma produção de morangos de qualidade, sem contaminantes biológicos e/ou químicos.

Neste capítulo, serão apresentadas as principais pragas do morangueiro, destacando-se informações sobre descrição, bioecologia e danos, além dos avanços obtidos nos últimos anos com o monitoramento e o controle dessas pragas.

## Ácaros

Os ácaros são pragas primárias do morangueiro (FADINI et al., 2004; MORAES; FLECHTMANN, 2008; ZHANG, 2003). Entre as principais espécies que ocorrem na cultura, destacam-se o ácaro-rajado e o ácaro-do-enfezamento.

Os ácaros introduzem o estilete no tecido vegetal e alimentam-se do conteúdo intracelular que extravasa do orifício. A perfuração das células da epiderme causa a morte delas, que se expressa no aparecimento de manchas ou áreas descoloridas. Além de causarem danos às folhas, os ácaros podem atacar as frutas quando estão verdes (FADINI et al., 2004; MORAES; FLECHTMANN, 2008). Em alta densidade populacional, os ácaros podem reduzir a taxa fotossintética das plantas de morangueiro, em virtude dos danos causados às células do mesófilo foliar e do fechamento dos estômatos, resultando na perda de vigor e na redução do número e do peso das frutas (CHIAVEGATO; MISCHAN, 1981; MORAES; FLECHTMANN, 2008).

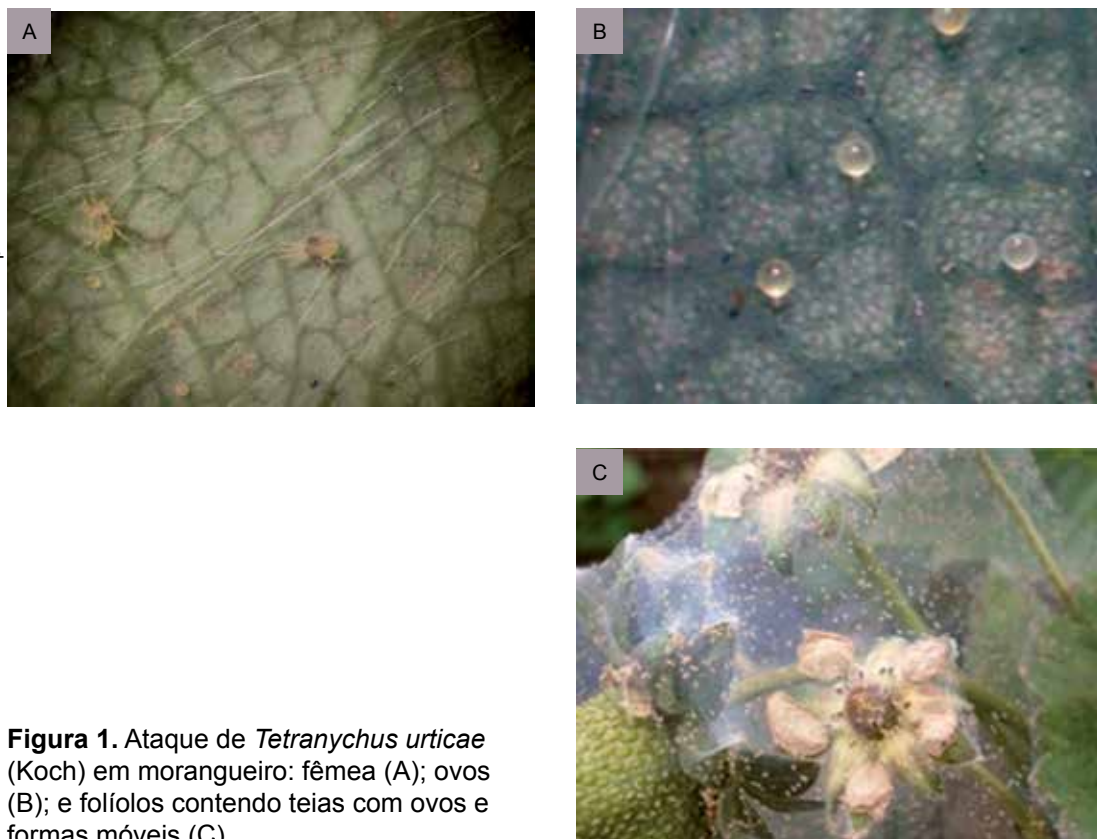
### Ácaro-rajado – *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae)

#### Descrição e bioecologia

*T. urticae* é de ocorrência cosmopolita e polífaga. Considerada a principal praga associada à cultura do morangueiro, essa espécie pode atacar também tomateiros, sojeiros e pessegueiros, entre outras culturas (FADINI et al., 2004).

Os ácaros-rajados são facilmente reconhecidos pela presença de manchas escuras no dorso (Figura 1A). O ciclo de vida de *T. urticae* compreende cinco fases: ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto. Vivem preferencialmente na parte inferior das folhas, onde tecem teias, sendo de difícil visualização a olho nu. As fêmeas têm o corpo ovalado, com cerca de 0,46 mm de comprimento, enquanto os machos são afilados, com cerca de 0,25 mm. Os adultos apresentam quatro pares de pernas. Os ovos possuem coloração amarelada e formato esférico (Figura 1B), sendo normalmente depositados nas teias ou diretamente nas folhas próximas à nervura (Figura 1C). O período de incubação é de aproximadamente 3,5 dias. O período imaturo (larva, protoninfa e deutoninfa) é de aproximadamente 5 dias. A fase imatura do ácaro é semelhante à adulta, diferindo apenas pelo tamanho. Apresentam três pares de pernas na fase de larva e quatro nas fases de ninfa (protoninfa e deutoninfa) (FLECHTMANN, 1985). O ciclo de vida varia de 10 a 12 dias sob temperatura de 25 °C. Em condições de temperatura elevada (30 °C) e baixa umidade relativa do ar (< 60%), o ciclo biológico da praga pode ser completado em uma semana, com média de 170 ovos por fêmea por ciclo (MORAES; FLECHTMANN, 2008; ZHANG, 2003). Em infestações severas de

Fotos: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak



**Figura 1.** Ataque de *Tetranychus urticae* (Koch) em morangueiro: fêmea (A); ovos (B); e folíolos contendo teias com ovos e formas móveis (C).

*T. urticae*, o crescimento da planta pode ficar comprometido pela deformação e até mesmo pela queda prematura das folhas. Os danos causados por essa praga conferem um aspecto crestado à planta. Quando o ataque é intenso e não são adotadas medidas de controle, podem ocorrer 80% de queda de rendimento na cultura (CHIAVEGATO; MISCHAN, 1981).

## Monitoramento

O monitoramento da ocorrência de *T. urticae* deve ser feito semanalmente, por observação visual, contando-se o número de ácaros presentes nos folíolos, com o auxílio de uma lupa de bolso (aumento de 20 vezes) (Figura 2). A quantidade de pontos amostrados varia conforme o tamanho da área. Sugere-se monitorar uma planta (um folíolo por planta) a cada 10 m de linha de canteiro, em todos os canteiros. Essa prática permite detectar a presença de populações do ácaro-rajado na fase inicial. Isso possibilita direcionar as estratégias de controle para tais pontos.

## Controle

A principal estratégia de controle utilizada no manejo do ácaro-rajado tem sido a aplicação de acaricidas sintéticos (BOTTON et al., 2010; SATO et al., 2007). No entanto, duas tecnologias alternativas podem ser utilizadas em substituição ao emprego de acaricidas sintéticos: a liberação de ácaros predadores e a aplicação de produtos à base de nim (*Azadirachta indica* A. Juss).

## Biológico

**Ácaros predadores** – O controle biológico com ácaros predadores é bastante empregado nas Américas do Norte e do Sul, na Ásia e na Europa. No Brasil, as espécies da família Phytoseiidae – *Phytoseiulus macropilis* (Banks) e *Neoseiulus californicus* (McGregor) – são as mais estudadas e são consideradas os inimigos naturais mais eficazes no controle



Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 2.** Monitoramento de ácaro-rajado utilizando-se uma lupa de bolso com 20 vezes de aumento.

biológico de ácaros-praga. Os fitoseídeos são produzidos comercialmente, o que permite sua liberação nos cultivos (POLETTI et al., 2006; SATO et al., 2002).

O predador *P. macropilis* apresenta corpo com coloração avermelhada, formato ovoide, cerca de 0,5 mm de comprimento e longas pernas (Figura 3A). É encontrado na face inferior dos folíolos do morangueiro, estando geralmente associado às teias do ácaro-rajado ou próximo da nervura principal. O *P. macropilis* apresenta quatro estágios de desenvolvimento, podendo ser visualizado a olho nu como um ponto vermelho com movimentos rápidos. Os ovos apresentam formato oblongo e coloração translúcida, sendo ovipositados nas folhas das plantas hospedeiras do ácaro-praga, principalmente na sua face abaxial (MORAES; FLECHTMANN, 2008; SILVA et al., 2005; ZHANG, 2003).

Na falta de presa, *P. macropilis* reduz a taxa de oviposição, assim como a de sobrevivência. Pode-se alimentar de todos os estágios biológicos da presa, dando preferência, entretanto, aos ovos. Tem a capacidade de predação de aproximadamente 40 ovos do ácaro-rajado por dia (OLIVEIRA et al., 2007). São predadores especialistas, que apresentam elevada voracidade e capacidade de busca de presas no campo, alimentando-se somente do ácaro-rajado. Por ser um predador obrigatório, não se alimenta de fontes alternativas, como pólen e néctar, o que reduz drasticamente sua população na ausência do ácaro-rajado (SILVA et al., 2005).

*N. californicus* apresenta corpo de formato ovoide, com cerca de 0,5 mm comprimento, coloração branco-alaranjada e longas pernas. As fêmeas são maiores do que os machos (Figura 3B). *N. californicus* é encontrado principalmente na face inferior dos folíolos do morangueiro e apresenta quatro estágios de desenvolvimento. Da mesma forma que



**Figura 3.** Ácaros predadores da família Phytoseiidae: adulto de *Phytoseiulus macropilis* (A); *Neoseiulus californicus* (B).



*P. macropilis*, os ovos apresentam formato oblongo e coloração translúcida, sendo ovipositados nas folhas das plantas hospedeiras do ácaro-praga (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

A capacidade de predação de *N. californicus* é de aproximadamente 15 a 20 ovos de ácaro-rajado por dia, podendo se alimentar de todos os estágios biológicos da presa. Como são generalistas, alimentam-se também de outras fontes, como pólen, outros ácaros, tripes e pulgões, e sobrevivem durante dias na ausência da presa no campo (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Os ácaros predadores (*P. macropilis* e *N. californicus*, na proporção de 1:1) devem ser liberados na cultura do morango na proporção de cinco ácaros predadores por metro quadrado de canteiro (BERNARDI et al., 2010; BERTON et al., 2007; IWASSAKI, 2010; NICASTRO, 2009). A liberação conjunta das duas espécies se deve ao fato de que *P. macropilis* e *N. californicus* apresentam características que os diferem quanto ao hábito alimentar e ao comportamento, sendo o primeiro especialista e o segundo generalista (BERTON et al., 2007; MCMURTRY; CROFT, 1997). A espécie *P. macropilis* deve ser preferida no controle do ácaro-rajado quando ocorrem altas infestações, enquanto a *N. californicus* é indicada para situações em que a população é menor, sendo que esse último permanece por mais tempo no cultivo (POLETTI, 2007).

A liberação dos predadores (Figura 4) deve ser sempre direcionada aos focos iniciais de infestação, detectados por meio do monitoramento, o que permite reduzir a população da praga a níveis superiores a 90% uma semana após a liberação (Figura 5).



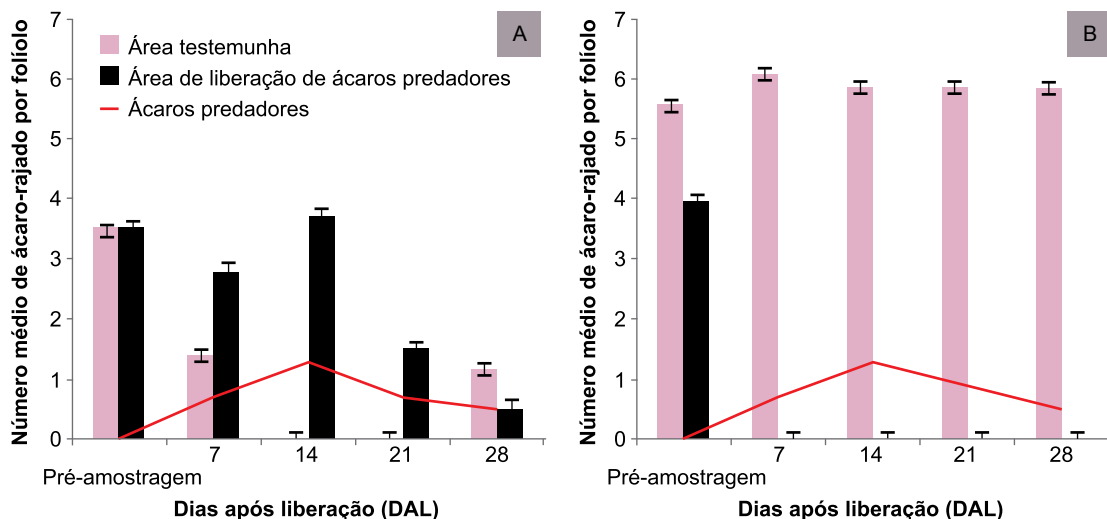
Foto: Léo Antônio Carollo

**Figura 4.** Liberação de ácaros predadores na cultura do morangueiro.

## Químico

**Nim (*Azadiractina indica* A. Juss.)** – Os produtos à base de nim são derivados da planta *Azadiractina indica* A. Juss. e constituem uma alternativa viável no manejo do ácaro-rajado na cultura do morangueiro (VENZON et al., 2008). No Brasil, a maioria dos trabalhos





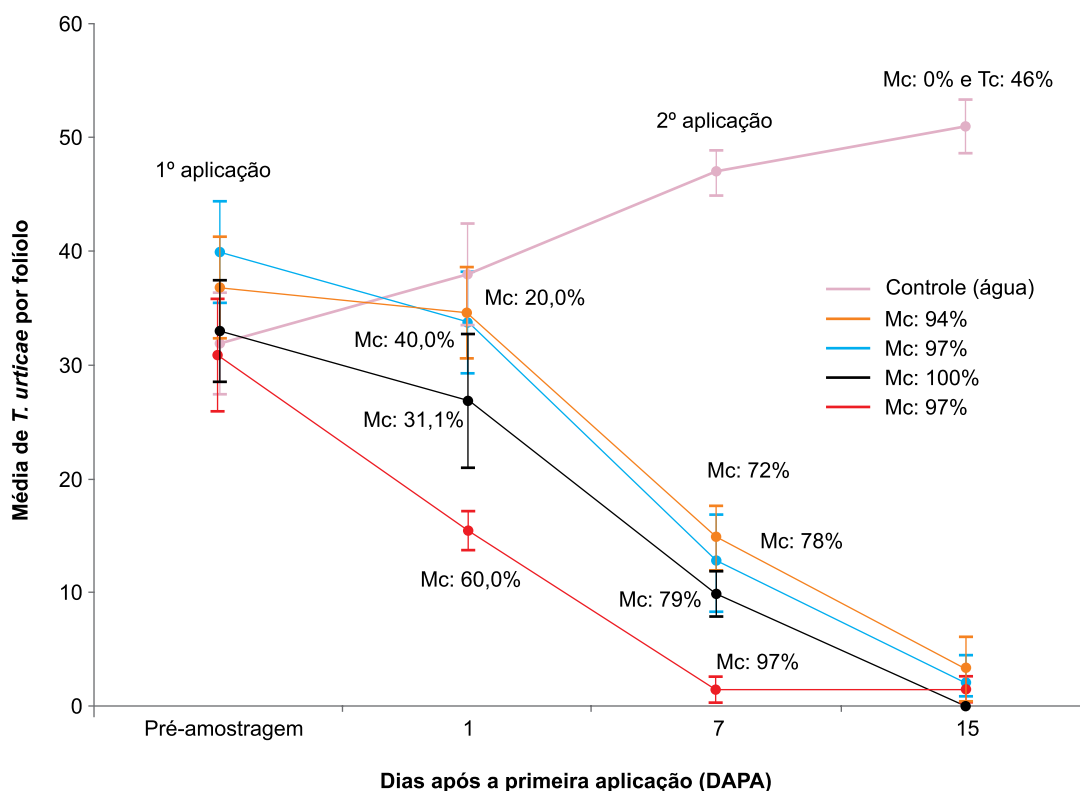
**Figura 5.** Flutuação populacional do ácaro-rajado após a liberação de ácaros predadores (*Phytoseiulus macropilis* e *Neoseiulus californicus* 1:1) (cinco ácaros predadores por metro quadrado) nas propriedades A e B, em áreas de morangueiro cultivar Aromas, no sistema orgânico de produção em Bom Princípio, RS, 2010.

Fonte: Bernardi et al. (2010).

realizados com nim foi conduzida com extratos de folhas, frutas e sementes da planta, que concluíram por questionamentos quanto à eficiência dos produtos para o controle da praga. Essa estratégia resultou em diversos resultados contraditórios de eficácia biológica, principalmente por causa da falta de padronização nos produtos. Atualmente, uma nova formulação contendo 1,2% de azadiractina foi registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para o controle do ácaro-rajado no morangueiro, mostrando-se eficaz no controle da praga (AGROFIT, 2012; BERNARDI et al., 2010).

Experimentos realizados com formulação comercial à base de azadiractina 1,2%, conduzidos em casa de vegetação e em área de produtores, demonstraram a sua eficiência no controle do ácaro-rajado. Nos experimentos conduzidos, o produto foi eficaz, independentemente da dosagem empregada (de 100 mL a 300 mL do produto comercial por 100 L de água), utilizando-se um volume de calda de 800 L ha<sup>-1</sup> (Figuras 6 e 7).

Um ponto importante no emprego da azadiractina para o controle do ácaro-rajado na cultura do morangueiro é a aplicação sequencial do produto, visto que o tratamento isolado reduz a população do fitófago em no máximo 70% (Figura 6). Uma das principais vantagens do uso da azadiractina é a seletividade quando aplicada diretamente sobre



**Figura 6.** Mortalidade ( $X \pm EP$ ) do ácaro-rajado após a aplicação ( $800 \text{ L ha}^{-1}$ ) sequencial, espaçada em 7 dias, de diferentes concentrações de uma formulação comercial à base de azadiractina 1,2%, em morangueiro cultivar Aromas, em casa de vegetação. Bento Gonçalves, RS, 2010.

Fonte: Bernardi et al. (2010).

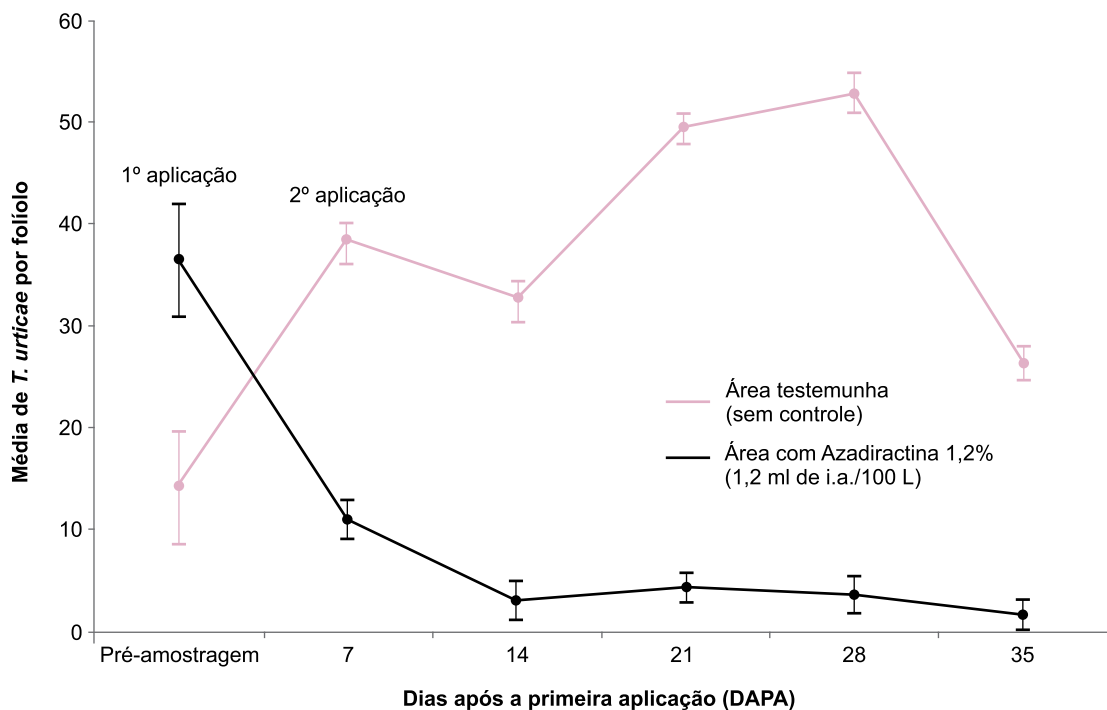
adultos dos ácaros predadores (*N. californicus* e *P. macropilis*), ao contrário do observado com a abamectina, acaricida tradicionalmente empregado no controle do ácaro-rajado na cultura do morangueiro (Figura 8).

O reduzido efeito sobre os ácaros predadores permite o emprego da formulação associada à liberação dos ácaros fitoseídeos visando ao controle biológico da praga na cultura do morangueiro.

### Outras recomendações

Além dessas estratégias, para o manejo do ácaro-rajado, recomenda-se:

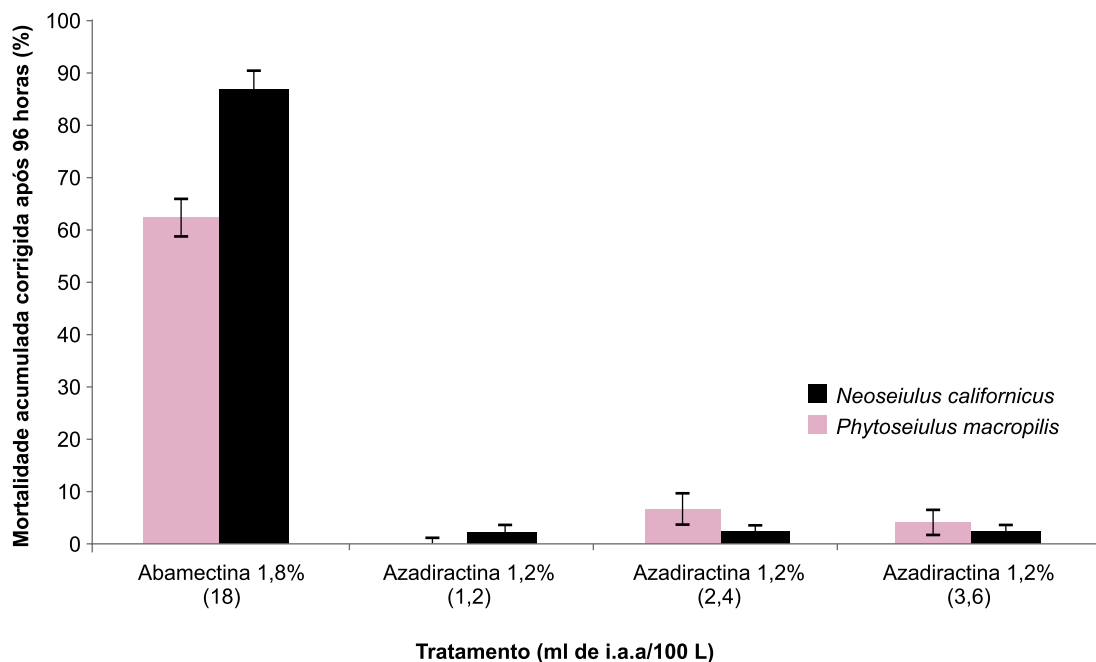
- Plantar mudas saudáveis, livres de ácaros fitófagos e doenças.



**Figura 7.** Mortalidade do ácaro-rajado após a aplicação sequencial de produto à base de azadiractina 1,2% (primeira aplicação em 16/10/2009 e segunda aplicação em 23/10/2009), num volume de calda de 800 L ha<sup>-1</sup>, em lavoura comercial de morangueiro da cultivar Aromas. Bom Princípio, RS, 2010.

Fonte: Bernardi et al. (2010).

- Evitar o uso excessivo de adubos nitrogenados, pois favorecem a proliferação da praga.
- Evitar o uso de inseticidas de amplo espectro de ação no controle das demais pragas do morangueiro e que não sejam seletivos para ácaros predadores, tais como neonicotinoides e piretroides (POLETTI et al., 2008).
- Usar quebra-ventos, para dificultar possíveis dispersões de ácaros, arrastados pelo vento.
- Evitar a proximidade entre o cultivo do morangueiro e outras culturas hospedeiras do ácaro.



**Figura 8.** Mortalidade (%) de adultos de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* 96 horas após a aplicação tópica de azadiractina 1,2% e abamectina 1,8% em laboratório (temperatura: 25 °C, UR: 70% ± 10%; e fotofase: 12 horas). Bento Gonçalves, RS, 2010.

Fonte: Bernardi et al. (2010).

## Ácaro-do-enfezamento – *Phytonemus pallidus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae)

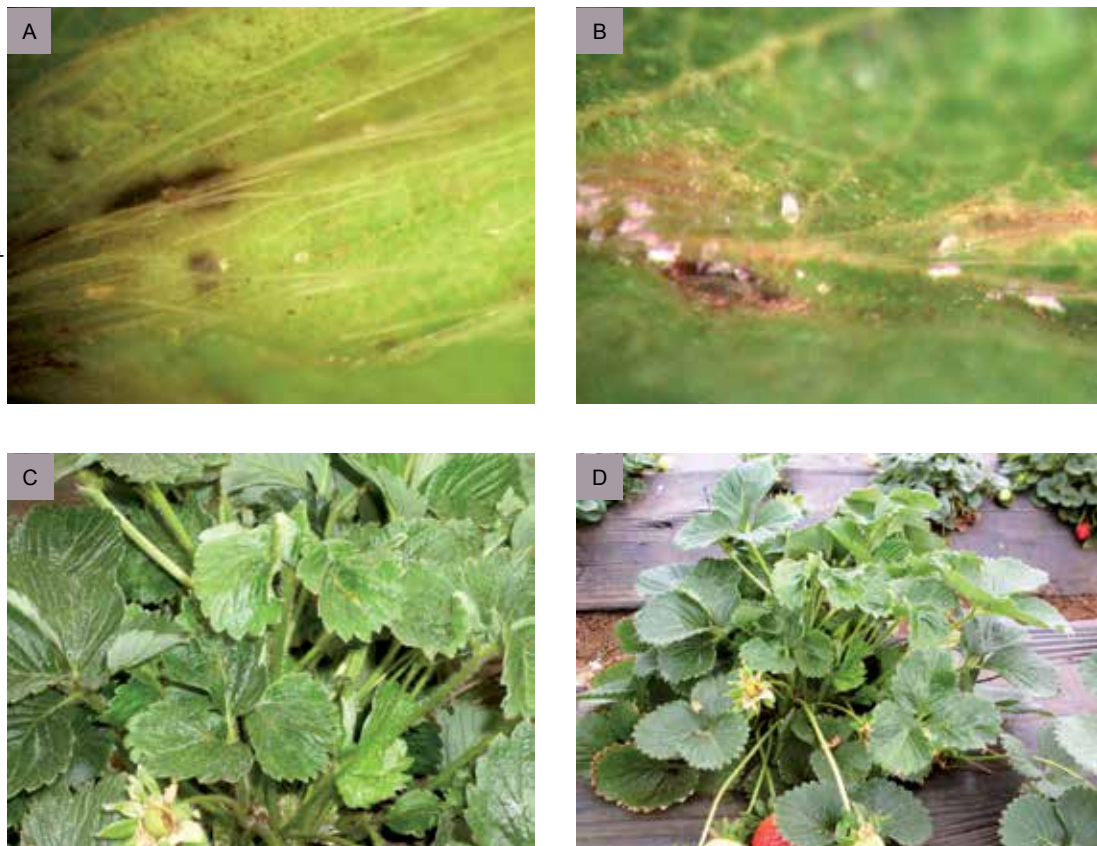
### Descrição e bioecologia

O ácaro-do-enfezamento mede aproximadamente 0,3 mm de comprimento. As fêmeas são escuras, enquanto os machos são amarelados. Os ovos são colocados nos pecíolos das folhas (Figura 9A). Normalmente, as ninfas e os adultos de *P. pallidus* (Figuras 9B) encontram-se na parte central da planta, evitando o excesso de luz. Quando o morangueiro está em fase de brotação, atacam as folhas novas. O ciclo completo é de aproximadamente 10 dias, na temperatura de 20 °C (LABANOWSKA, 2000; EASTERBROOK et al., 2001).

Em pequenas infestações, provocam o enrugamento da face superior das folhas (Figura 9C e 9D). Em ataques severos, é observado encarquilhamento na região da coroa, anormalidades nas folhas e coloração avermelhada, ocasionando nanismo na parte central da

planta. As folhas novas não abrem, ficando com pecíolos mais curtos e quebradiços; seguem-se o bronzeamento e a morte (Figura 9D) (PALLINI, 2002). As maiores infestações se dão em épocas chuvosas ou em áreas onde é empregada a irrigação por aspersão (PALLINI, 2002).

Fotos: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak



**Figura 9.** Fases do ciclo biológico e danos do ácaro-do-enfezamento em morangueiro: ovos no pecíolo da folha (A); ninfa (B); sintoma de encarquilhamento das folhas na região da coroa (C, D).

## Monitoramento

O monitoramento do ácaro na lavoura deve ser feito com o auxílio de uma lupa de bolso (aumento de 20 vezes), que permite identificar os focos de infestação. Recomenda-se analisar os folíolos novos na região da coroa, direcionando a atenção para as plantas que apresentarem desenvolvimento anormal (folhas centrais retorcidas, malformadas, de coloração mais escura e brilhante). A presença de grande quantidade de tricomas nos folíolos novos dificulta a visualização dos indivíduos.

## Controle

De maneira geral, os acaricidas registrados para uso na cultura do morangueiro são poucos eficazes no controle de *P. pallidus*. Uma alternativa para o controle da praga é o emprego do ácaro predador *Neoseiulus barkeri* (Hughes) (Acari: Phytoseiidae).

Recomenda-se o uso de mudas livres da praga e, após a infestação, o emprego do controle cultural, por meio da erradicação das plantas atacadas. Evitar desequilíbrios hídricos.

## Pulgões (Hemiptera: Aphididae)

Os pulgões são considerados os mais importantes insetos-praga associados à cultura do morangueiro (COSTA et al., 1993; RONDON et al., 2005). Os prejuízos são ocasionados pela sucção de seiva, que provoca a redução da produção (KRCZAL, 1982; NICKEL et al., 2005) e da qualidade das frutas quando a fumagina (*Capnodium* sp.) se desenvolve sobre os excrementos açucarados, liberados pelos afídeos durante a alimentação (FRAZIER et al., 1987; NICKEL, 2003). Além disso, os principais vírus associados à cultura do morangueiro são disseminados no cultivo por meio dos pulgões, que atuam como vetores (CÉDOLA; GRECO, 2010; NICKEL et al., 2005).

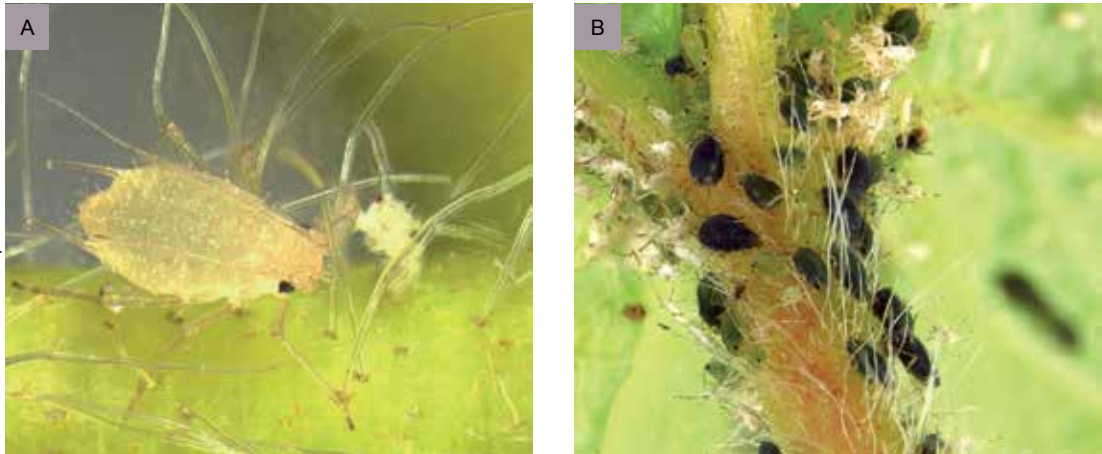
São insetos pequenos, com no máximo 3 mm de comprimento, apresentando, no abdômen, dois apêndices tubulares laterais, chamados sifúnculos, e um central, conhecido como codícula (BLACKMAN; EASTOP, 1984). Em regiões tropicais, como o Brasil, os afídeos reproduzem-se por partenogênese telítica, isto é, as fêmeas dão origem a ninfas, que se transformarão em fêmeas, não havendo a necessidade de cópula com o macho. As duas principais espécies associadas à cultura do morangueiro são: *Chaetosiphon fragaefolli* (Cockerell) e *Aphis forbesi* (Weed) (Figura 10).

## Pulgão-verde – *Chaetosiphon fragaefolli* (Cockerell)

### Descrição e bioecologia

Conhecido como pulgão-verde do morangueiro, apresenta coloração verde-amarelada e cerdas (pelos) curtas sobre o corpo. As antenas são similares ou maiores do que o

Fotos: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak



**Figura 10.** Pulgões do morangueiro: *Chaetosiphon fragaefolli* (A); *Aphis forbesi* (B).

comprimento do corpo. A codícula é clara, longa e recurvada. As ninfas são pequenas (medem de 0,8 mm a 1,1 mm de comprimento) e morfologicamente semelhantes aos adultos (RONDON; CANTLIFFE, 2004). Os adultos ápteros medem de 1 mm a 2 mm de comprimento

e têm um corpo ovalado. A forma alada mede aproximadamente 3 mm, sendo a cabeça mais escura do que o corpo (BLACKMAN; EASTOP, 1984) (Figura 11).

Foto: Daniel Bernardi



**Figura 11.** Pulgão-verde do morangueiro: adulto alado.

São insetos sugadores, formadores de colônias na parte abaxial das folhas, apresentando preferência por folhas ou pecíolos novos, que estejam próximo da coroa ou junto da nervura principal (Figura 12). Quando ocorrem elevadas infestações, adultos e ninfas podem ocupar também a face superior das folhas. Surgem,

então, os alados, responsáveis pela dispersão da espécie.

A reprodução é partenogenética, ou seja, não há fecundação pelos machos, ocorrendo, então, o fenômeno da viviparidade (Figura 13).



Na temperatura de 25 °C, as fêmeas produzem em média três ninfas por dia e um total de 70 indivíduos num período reprodutivo de 24 dias, aproximadamente. A duração média da fase ninfal é de aproximadamente 9 dias, e o ciclo completo (de ninfa a adulto) é de 33 dias (Figura 14) (BERNARDI et al., 2012b).

*C. fragaefolli* causa danos diretos e indiretos à cultura. Os danos diretos decorrem principalmente da alimentação, pois o inseto se nutre da seiva das plantas e secreta uma substância açucarada, denominada de *honeydew*, formando, assim, um meio rico para o desenvolvimento de um fungo denominado fumagina. Por sua vez, a fumagina reduz a taxa fotossintética da planta (SALLES, 2005). Os danos indiretos caracterizam-se pela transmissão de vírus, como: o vírus da clorose marginal do morangueiro (*Strawberry mild yellow edge virus* – SMYEV), o vírus do encrespamento do morangueiro (*Strawberry crinkle virus* – SC), o vírus do mosqueado (*Strawberry mottle virus* – SMoV) e o vírus da faixa das nervuras do morangueiro (*Strawberry vein banding virus* – SVBV). A presença desses vírus na cultura pode reduzir em até 80% a produção de frutas (KRCZAL, 1982; NICKEL et al., 2005).



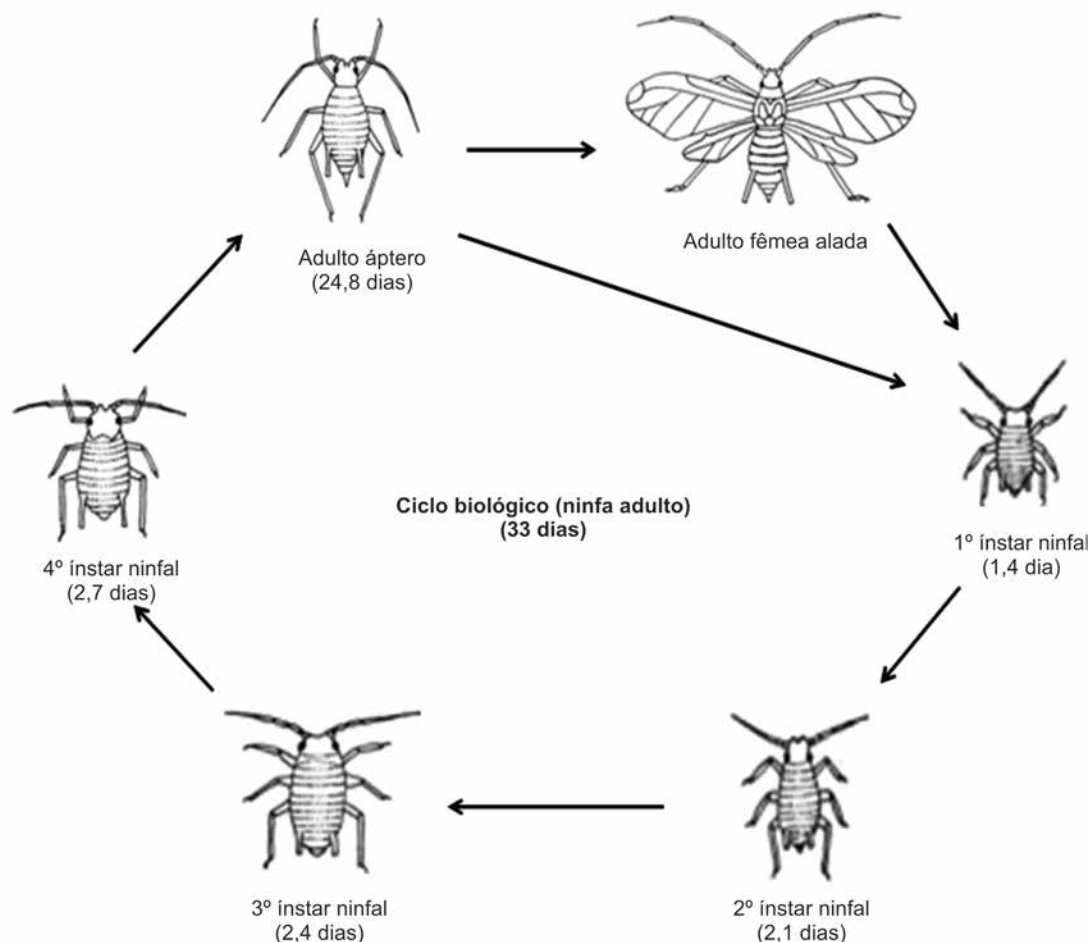
Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 12.** Pulgão-verde do morangueiro infestando folha.



Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 13.** Nascimento de uma ninfa de *Chaetosiphon fragaefolli*.



**Figura 14.** Ciclo de vida de *Chaetosiphon fragaefolli* em morangueiro. Temperatura de 25 °C  $\pm$  1 °C, umidade relativa do ar de 70%  $\pm$  10% e fotofase de 12 horas.

Ilustração: Adriana Tolotti

## Pulgão-da-raiz – *Aphis forbesi* Weed

### Descrição e bioecologia

A espécie *Aphis forbesi* é conhecida como pulgão-da-raiz do morangueiro. O adulto, na forma áptera, possui cerca de 1 mm a 2 mm de comprimento; corpo de formato ovalar e coloração de verde-escura a negra; as pernas são mais claras, de cor pardo-esverdeada. Os sifúnculos são cônicos e escuros. As formas aladas medem de 1 mm a 2 mm

de comprimento, com cabeça e tórax de coloração negro-brilhante e abdômen claro (BLACKMAN; EASTOP, 1984).

O pulgão-da-raiz forma colônias na região da coroa da planta e pecíolos do morangueiro, sendo raramente encontrado infestando folhas (Figura 15A). Da mesma forma que *C. fragaefolli*, sugam grande quantidade de seiva, favorecem o desenvolvimento de fumagina e, como consequência, causam a diminuição de fotoassimilados e a diminuição do porte da planta e da produção de frutas. Não existem relatos de transmissão de vírus por *A. forbesi* na cultura do morangueiro.

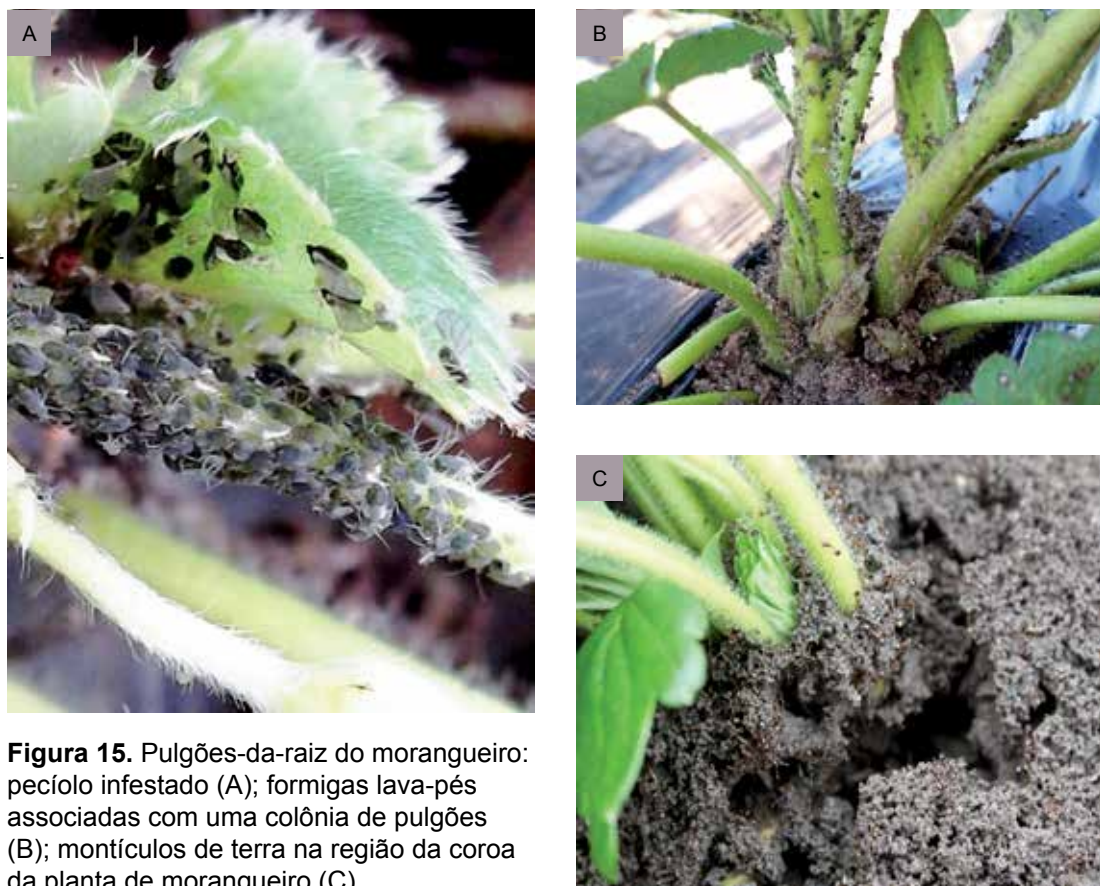
Uma característica marcante do *A. forbesi* é a protocooperação com formigas lava-pés do gênero *Solenopsis saevissima* Smith (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae) (Figura 15B). Essas formigas não ocorrem em associação com *C. fragaefolli*. As formigas lava-pés se associam às colônias de pulgões à procura de excrementos açucarados que sirvam como fonte de alimento; em troca, oferecem proteção contra o ataque de inimigos naturais. Os prejuízos ocasionados pelas formigas decorrem da formação de montículos de terra sobre as partes atacadas pelo pulgão-da-raiz, os quais atingem o colo das plantas, as inflorescências e as frutas novas. Outro problema registrado nas áreas de cultivo do morangueiro é o ataque aos trabalhadores no momento da colheita das frutas, fato que diminui o rendimento de trabalho e também seu controle, já que as colônias ficam protegidas pelos montículos de terra (Figura 15C).

## Monitoramento

O monitoramento da população de pulgões deve ser feito semanalmente, para identificar os focos iniciais da praga na lavoura. A presença desses insetos pode ser identificada por coletas feitas em armadilhas cromotrópicas amarelas, do tipo Möericke, ou adesivas, e pelo método de observação visual. A escolha do método de coleta depende da disponibilidade de mão de obra e do tempo para o monitoramento, tendo em vista que a observação visual é muito trabalhosa, embora seja precisa, revelando ao produtor os focos de infestação. Por sua vez, a armadilha de água atrai adultos alados, tanto pulgões quanto insetos de outros grupos.

Para o pulgão-verde do morangueiro, em virtude do comportamento da colônia de se localizar preferencialmente na face abaxial das folhas, o monitoramento deve ser feito observando-se as folhas do estrato superior ou de folhas mais novas. Se a opção for pelas armadilhas amarelas adesivas (Figura 16), elas deverão ser colocadas sobre o canteiro, nas

Fotos: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak



**Figura 15.** Pulgões-da-raiz do morangueiro: pecíolo infestado (A); formigas lava-pés associadas com uma colônia de pulgões (B); montículos de terra na região da coroa da planta de morangueiro (C).

entrelinhas das plantas (ZAWADNEAK, 2009). Já para o pulgão-da-raiz, recomenda-se verificar, por atenta observação visual, a presença de formigas ou montículos de terra junto à base (região da coroa) das plantas de morangueiro.

As medidas de controle devem ser adotadas quando forem observados 5% de plantas infestadas numa amostragem de 20 plantas por hectare (BOTTON et al., 2010).

### Controle biológico

O controle biológico de pulgões do morangueiro pode ser observado no campo pela ação de vespas *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae), que parasitam *A. forbesi* (ARAUJO et al., 2013), por predadores, como joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae), crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) e sirfídeos (Diptera:

Syrphidae) (RONDON; CANTLIFFE, 2004). A ocorrência natural desses organismos benéficos mantém em equilíbrio a população dos pulgões do morangueiro em situação de campo (RONDON; CANTLIFFE, 2004; ZAWADNEAK, 2009). Dessa forma, vale ressaltar a importância da utilização de produtos seletivos e que tragam menos impacto à fauna benéfica desses insetos presentes no morangueiro.



Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 16.** Armadilha cromotrópica amarela para a amostragem de *Chaetosiphon fragaefolli* na cultura do morangueiro.

## Controle químico

Essa prática é a mais adotada para o controle do pulgão-verde (BOTTON et al., 2010), sendo os inseticidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) altamente eficazes no controle das duas espécies (AGROFIT, 2012). No entanto, esses inseticidas devem ser utilizados com precaução, já que são prejudiciais aos ácaros *P. macropilis* e *N. californicus*, principais predadores do ácaro-rajado *T. urticae* (POLLETI et al., 2008), contribuindo para o incremento populacional da praga nos cultivos comerciais de morangueiro (BOTTON et al., 2010; FERLA; MARCHETTI, 2004; SATO et al., 2006).

Dessa forma, alternativas menos impactantes devem ser utilizadas para o manejo de pulgões na cultura do morangueiro. Nesse contexto, o nim, cujo principal ingrediente ativo é a azadiractina 12 g L<sup>-1</sup>, pode ser uma ferramenta viável, ambientalmente correta e com boa eficiência de controle dos pulgões na cultura do morangueiro (BERNARDI et al., 2012a; ISMAN, 2006), podendo ser empregado tanto no sistema convencional quanto no orgânico de produção. Entre as vantagens do emprego da azadiractina está a seletividade aos ácaros predadores *P. macropilis* e *N. californicus* (BERNARDI et al., 2010), além de não exigir intervalo de carência para a cultura depois de utilizada (AGROFIT, 2012).

## Tripes (Thysanoptera: Thripidae)

Os tripes destacam-se entre os insetos-praga associados ao morangueiro pela alta densidade populacional com que ocorrem na cultura, especialmente em flores (PINENT et al., 2005, 2011). Na região Sul do Brasil, a principal espécie presente no cultivo é



*Frankliniella occidentalis* (Pergande) (PARCHEN et al., 2010b; PINENT et al., 2011), cujos danos, decorrentes da alimentação, podem ocasionar bronzeamento em flores e frutas, seguido de murchamento (GONZALEZ ZAMORA; GARCIA MARI, 2003). Além disso, deformações nas frutas têm sido referidas pelos produtores, embora as opiniões a respeito sejam contraditórias (COLL et al., 2006).

## *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)

### Descrição e bioecologia

O conhecimento das características biológicas e dos danos causados pelos tripses (Figura 17) na cultura do morangueiro é de suma importância para o desenvolvimento de táticas eficientes de manejo. A espécie *F. occidentalis* pode apresentar variados tamanhos

e cores, podendo ser escuros ou amarelos, com manchas marrons transversais sobre o abdômen (LOOMANS et al., 1995). Essas variações podem confundir a identificação da espécie no campo; no entanto, no Sul do Brasil, a coloração amarelada é a mais comum. Os machos medem de 0,9 mm a 1,1 mm da ponta da antena até o final do abdômen, enquanto as fêmeas são maiores, medindo de 1,3 mm a 1,4 mm (LOOMANS et al., 1995). A fêmea insere o ovipositor e deposita os ovos no interior das células do tecido das folhas, das flores e das frutas (LOOMANS et al., 1995).

A reprodução de *F. occidentalis* ocorre normalmente de forma sexuada. O acasalamento pode se

Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneck



**Figura 17.** *Frankliniella occidentalis*.

dar 2 ou 3 dias após a emergência dos adultos, sendo que um único macho pode acasalar com várias fêmeas. Na ausência de machos, as fêmeas podem se reproduzir partenogeneticamente, com os ovos desenvolvendo-se completamente, sem nunca terem sido fecundados (NOTHNAGL, 2006).

As fêmeas ovipositam preferencialmente nas flores ou nos folíolos de morangueiro. O período de oviposição é de 13 a 15 dias na temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , sendo depositados, em média, 70 ovos em flores e 8 em folíolos (NONDILLO et al., 2009). De um modo geral, os insetos tendem a ovipositar sobre plantas hospedeiras, as quais são nutricionalmente adequadas para o desenvolvimento de sua prole (THOMPSON, 1988).

O ovo é claro e tem formato de um rim, medindo aproximadamente  $0,25\text{ mm} \times 0,50\text{ mm}$  (Figura 18) (LOOMANS et al., 1995). A duração da fase de ovo é de aproximadamente 4 dias, sob temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  (NONDILLO et al., 2009).

Logo após a eclosão, a larva apresenta coloração branco-transparente, adquirindo, no segundo instar, coloração amarelada (LEWIS,

1973). A pré-pupa apresenta tecas alares, ou seja, asas no início de desenvolvimento, antenas curtas não segmentadas e coloração esbranquiçada. As pupas têm antenas longas, voltadas para o abdômen, segmentação evidente e tecas alares mais desenvolvidas (LEWIS, 1973). A duração média do período de larva a adulto é de aproximadamente 8 dias em flores e de 9 dias em folíolos, sob temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  (NONDILLO et al., 2009) (Figura 19).

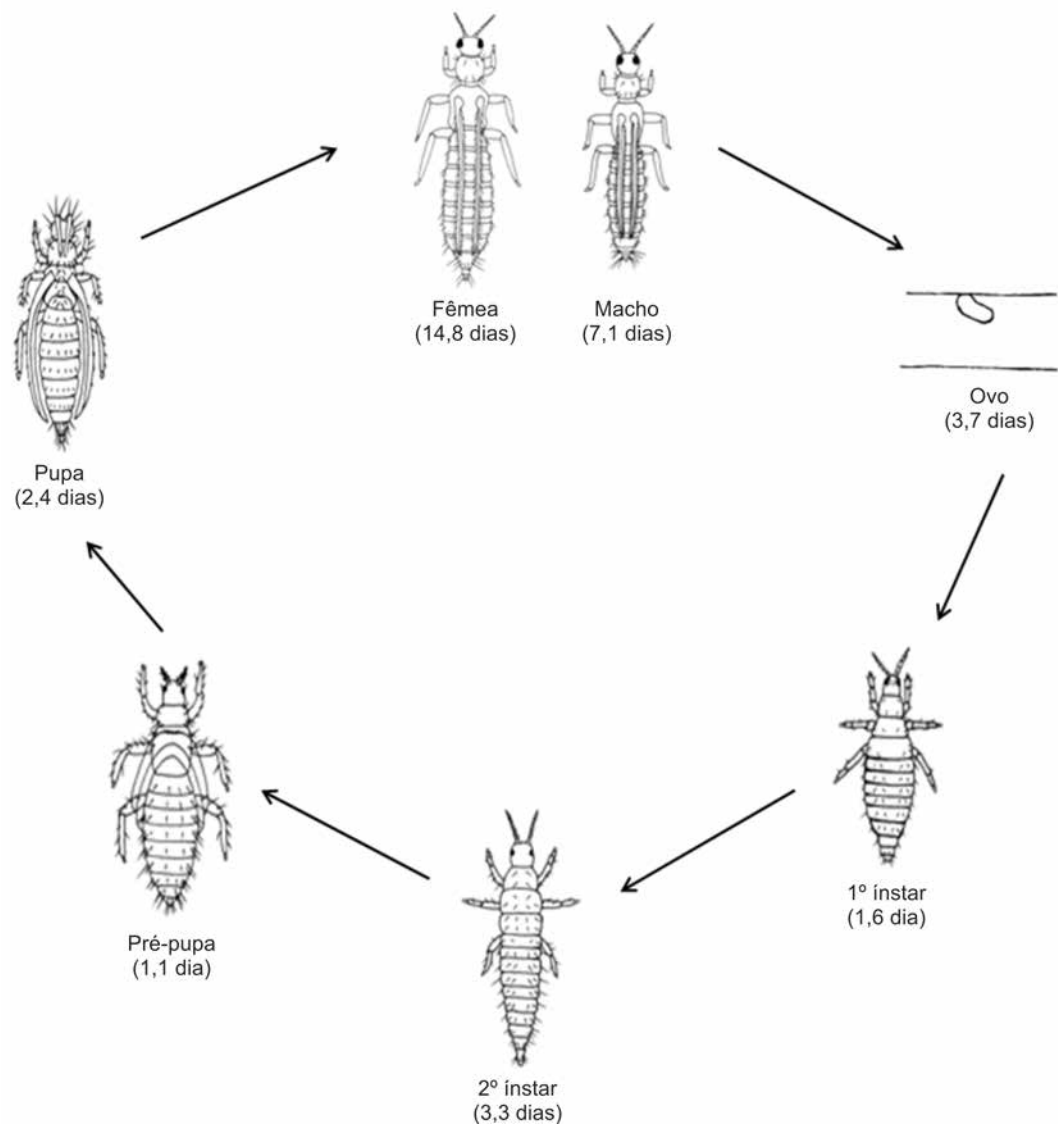
Com base nas exigências térmicas do ciclo biológico do inseto (ovo, larva, pré-pupa e pupa), o número estimado de gerações anuais de *F. occidentalis* para os municípios de Vacaria, Caxias do Sul, Pelotas, Porto Alegre e Taquari, é de, respectivamente, 10,7, 12,6, 13,6, 16,5, e 20,3 dias (Tabela 1). O número de gerações durante o período de cultivo é maior nas regiões mais quentes, onde também existe maior potencial de dano (NONDILLO et al., 2008).



Foto: Aline Nondillo

**Figura 18.** Ovo de *Frankliniella occidentalis* depositado no interior da sépala do morangueiro.





**Figura 19.** Ciclo biológico de *Frankliniella occidentalis* em flores de morangueiro na temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Ilustrações: Adriana Tolotti

No morangueiro, os danos ocasionados por indivíduos de *F. occidentalis* não são bem conhecidos, principalmente quando se atribui ao inseto a responsabilidade pelas deformações nas frutas (COLL et al., 2006).

**Tabela 1.** Municípios produtores de morango no Rio Grande do Sul, temperaturas médias anuais (°C), graus-dia anuais acumulados (GD) e número estimado de gerações de *Frankliniella occidentalis* por ano (Tb utilizada nos cálculos de 9,88 °C para o período de ovo a adulto).

Município	Temperatura média anual (°C)	Graus-dia acumulados (GD)	Número provável de gerações por ano
Vacaria	16,1	2.266,9	10,7
Caxias do Sul	17,2	2.662,9	12,6
Pelotas	17,8	2.881,0	13,6
Porto Alegre	19,5	3.498,1	16,5
Taquari <sup>(1)</sup>	20,3	3.785,2	20,3

<sup>(1)</sup>Taquari não é produtor de morangos, mas representa as condições climáticas de Bom Princípio, RS.

Os sintomas decorrentes da alimentação dos trips nas flores são marcas amarronzadas, deixadas nos estames e no receptáculo floral, e pontos pretos, que são fezes depositadas pelos trips. Durante a alimentação, os trips sugam o líquido intracelular. As células, ao serem esvaziadas, são preenchidas com ar, adquirindo inicialmente uma coloração prateada que, em virtude da oxidação dos tecidos, torna-se, posteriormente, amarronzada (LEWIS, 1973). Os danos decorrentes da alimentação de trips em frutas verdes e maduras caracterizam-se pelo bronzeamento (Figura 20), de tamanho variável, na região do cálice e/ou ao redor dos aquênios (NONDILLO et al., 2010).

As deformações de frutas de morango, comumente encontradas em cultivos comerciais e muitas vezes atribuídas à presença de *F. occidentalis*, não foram observadas em experimentos de caracterização de danos (NONDILLO et al., 2010). Esse fato também foi confirmado por trabalhos conduzidos em outros países, como a Itália (MARULLO; TREMBLAY, 1993) e os Estados Unidos da América, na Califórnia (STATEWIDE INTEGRATED

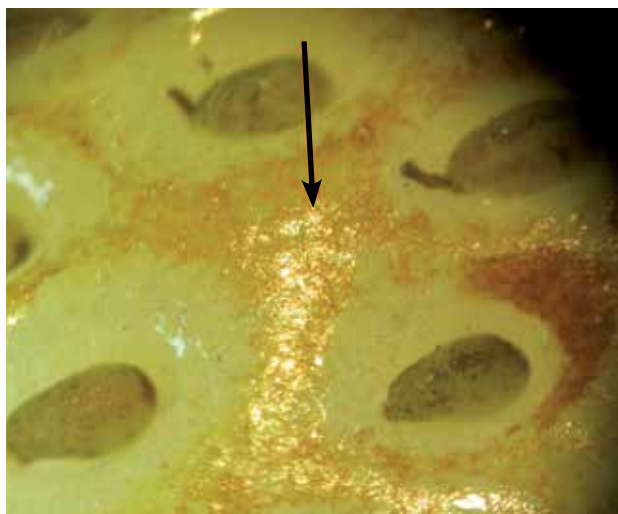


Foto: Aline Nondillo

**Figura 20.** Sinais de alimentação de adultos e larvas de *F. occidentalis* (áreas bronzeadas) ao redor dos aquênios dos frutos de morangueiro.

PEST MANAGEMENT PROGRAM, 2008). Nesses casos, os produtores devem atentar para outros fatores que causam deformações nas frutas, principalmente para deficiência na polinização, nutrição inadequada, chuvas, variações bruscas de temperatura e período de formação da fruta (BRAZANTI, 1989; CALVETE et al., 2005).

## Monitoramento

O crescimento da população de *F. occidentalis* ocorre praticamente durante todo o período de cultivo; as flores da cultura são o principal alvo (Figura 21). No Paraná e no Rio Grande do Sul, os picos populacionais são observados no período de novembro a janeiro, e estão associados ao aumento da temperatura e a uma maior incidência de flores na lavoura (NONDILLO et al., 2008; PARCHEN et al., 2010b). Essa é a fase em que os produtores devem ficar mais atentos à presença do inseto no campo.



Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 21.** Presença de tripses *F. occidentalis* em flor de morangueiro.

O monitoramento de *F. occidentalis* deve ser feito semanalmente. O método consiste em bater as flores e as folhas no interior de uma bandeja de plástico branca (Figura 22A). Nos períodos de maior infestação, essa prática pode ser realizada duas vezes por semana. Recomenda-se amostrar no mínimo 40 flores por hectare, contando-se o número de insetos em pelo menos 20 pontos (duas flores por ponto), uniformemente distribuídos no interior do cultivo. O controle químico deve ser feito quando 50% das flores amostradas apresentarem uma infestação média de três ou mais tripses por flor (LOPES; SIMÕES, 2006).

Por causa do pequeno tamanho, dos movimentos rápidos e das cores normalmente claras, os tripses somente são percebidos quando os danos já foram causados na cultura. Assim, para monitorar a praga antes que ocorra o estabelecimento do inseto no cultivo, sugere-se empregar armadilhas cromotrópicas azuis, distribuídas ao longo do canteiro, no início do florescimento da cultura. Essas armadilhas permitem a rápida detecção da presença dessa praga e a intervenção antes que aumente a densidade populacional da praga.

De acordo com Parchen et al. (2010a), as armadilhas cromotrópicas do tipo Möericke, nos tons azul-celeste ou azul-olímpico (Figura 22B), são eficientes na captura de tripes fitófagos, na cultura do morangueiro. As armadilhas são preenchidas com solução de água e detergente, em uma proporção de 1:200 (1 L de água e 200 mL de detergente). Semanalmente, o conteúdo da armadilha deve ser avaliado, vertendo-se o conteúdo (solução) em uma peneira de 0,2 mm de espessura, para realizar a contagem do número de tripes; a solução (água + detergente) também deve ser renovada.

Foto: Cindy Chaves



Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 22.** Amostragem de *F. occidentalis* na cultura do morangueiro: método de batidas de flores e folhas no interior de bandeja plástica branca (A); armadilhas cromotrópicas do tipo Möericke, de coloração azul-celeste, disposta no interior de canteiros (B).

Além da amostragem pela batida de flores e folhas ou pela utilização de armadilhas cromotrópicas do tipo Möericke, as armadilhas adesivas azuis são amplamente utilizadas e recomendadas para o monitoramento de tripes na cultura do morangueiro. Essas armadilhas são fixadas em um suporte de cerca de 30 cm a 40 cm de altura e são distribuídas internamente nos canteiros da cultura (Figura 23). Esse método de amostragem é prático e não exige muita mão de obra. Entretanto, a utilização desse tipo de armadilha é quantitativa, pois



Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 23.** Armadilha cromotrópica azul para monitoramento de *F. occidentalis*.

dificulta a identificação das espécies, uma vez que não é possível a retirada dos insetos da armadilha para a preparação de lâminas para a identificação das espécies.

## Controle biológico

Predadores generalistas do gênero *Orius* ocorrem em diversos ecossistemas (RUBERSON et al., 2000). Esses insetos são importantes agentes de controle biológico natural dos tripses (SILVEIRA et al., 2003). As espécies de *Orius* sp. são onívoras, ou seja, os indivíduos alimentam-se tanto de produtos de origem animal quanto de vegetal. Nesse caso, além de utilizarem tripses e outros artrópodes como alimento, também podem ingerir pólen (LATTIN, 2000). Em alguns países da Europa, nos EUA e no Canadá, espécies desse gênero são amplamente utilizadas para o controle de *F. occidentalis* em casas de vegetação, em cultivos de tomate, berinjela, pepino, pimentão e morango (SILVEIRA et al., 2003).

No Brasil, o predador *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) (Figura 24) é a espécie mais comum e eficaz no controle de *F. occidentalis* em variados cultivos (BUENO et al., 2003). No morangueiro, resultados promissores foram obtidos com a liberação de quatro predadores por metro quadrado, a cada 15 dias, no início da infestação (Figura 25) (CHAVES et al., 2010). No entanto, em situações de elevada infestação (> 3 tripses por flor), as liberações de *O. insidiosus* devem ser semanais.

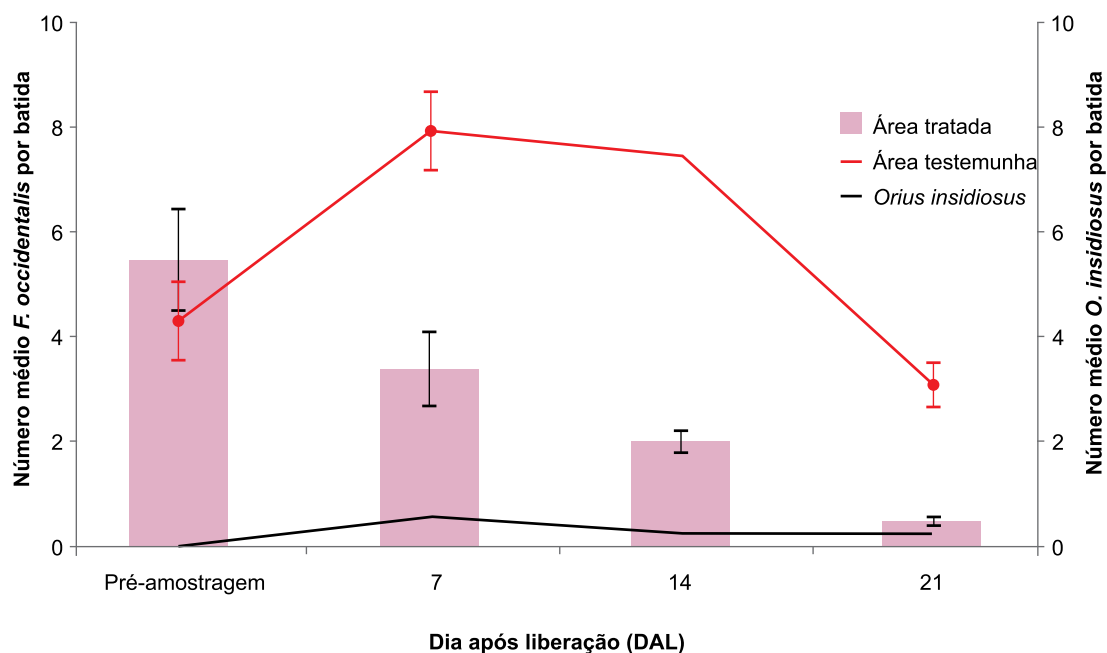


Foto: Paulo Lanzetta

**Figura 24.** Adulto de *Orius insidiosus*, predador de *F. occidentalis*.

## Controle químico

Quando o número médio de tripses por flor atinge o nível de controle, recomenda-se a aplicação de inseticidas. O spinetoram é o único inseticida autorizado para o controle da praga na cultura com carência de 3 dias (Tabela 2) (AGROFIT, 2012). No entanto, o spinetoram apresenta um reduzido poder residual após a aplicação, atuando sobre o inseto por aproximadamente uma semana. Isso se deve ao fato de a postura do inseto ser protegida e de o ciclo biológico da espécie ser rápido, permitindo a reinfestação. Ao realizar o controle químico,



**Figura 25.** Flutuação populacional de *Frankliniella occidentalis* e *Orius insidiosus* em morangueiro da cultivar Aromas, em cultivo protegido, em sistema de hidroponia. Farroupilha, RS.

Fonte: Chaves et al. (2010).

é importante direcionar o jato de aplicação para as flores, que ficam protegidas pelas folhas, e isso deve ser feito de forma sequencial, repetindo-se a pulverização após uma semana.

Outros inseticidas autorizados para uso em morangueiro (AGROFIT, 2012), como o tiametoxam e o malatim, não são eficazes no controle da espécie nas doses registradas para o controle de pulgões na cultura. Atualmente, existe somente um ingrediente ativo registrado para o controle de tripses na cultura; dessa forma, é importante implementar novas táticas de controle da praga, como, por exemplo, o controle biológico, para evitar a seleção de indivíduos resistentes na população.

Outro fator importante é a seletividade dos produtos, de forma a evitar danos aos inimigos naturais. A depender do produto aplicado, pode haver aumento da população do ácaro-rajado (*T. urticae*) em decorrência da mortalidade dos predadores que controlam naturalmente a população do ácaro-rajado, resultando na necessidade de tratamentos adicionais. Esse efeito adverso é observado de forma significativa quando se aplicam os inseticidas piretroides, os quais devem ser evitados. Azadiractina, recomendada para o



**Tabela 2.** Acaricidas e inseticidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para o controle de pragas na cultura do morangueiro, março, 2012.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Grupo químico <sup>(1)</sup>	Dosagem (g ou mL/100 L)	Período de carência (dias)
<b>Acaricida</b>				
Abamectin Nortox	Abamectina	Grupo químico 6 (ativadores dos canais de cloro)	75	7
Abamectina Prentiss	Abamectina	Grupo químico 6 (ativadores dos canais de cloro)	125	3
Abamectina 18 EC Sinon	Abamectina	Grupo químico 6 (ativadores dos canais de cloro)	75	7
Acaristop 500 SC	Clofentezina	Grupo químico 10 (inibidores crescimento de ácaros)	40	14
Acarit EC	Propargito	Grupo químico (12C inibidores da fosforilação oxidativa)	30	10
Azamax	<i>Azadiractina indica</i>	Grupo químico 18 (agonista de acdisteroides)	300	0
Danimen 300 EC	Fenpropratrina	Grupo químico 3 (moduladores dos canais de sódio)	65	3
Kraft 36 EC	Abamectina	Grupo químico 6 (ativadores dos canais de cloro)	30	3
Meothrin 300	Fenpropratrina	Grupo químico 3 (moduladores dos canais de sódio)	65	3
Mibeknock	Milbemectina	Grupo químico 6 (ativadores dos canais de cloro)	40	7
Omite 720 EC	Propargito	Grupo químico 12C (inibidores da fosforilação oxidativa)	30	4

Continua...



Tabela 2. Continuação.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Grupo químico <sup>(1)</sup>	Dosagem (g ou mL/100 L)	Período de carência (dias)
Ortus 50 SC	Fenproximoato	Grupo químico 21 (inibidores da cadeia de transporte de elétrons)	100	5
Potenza Sinon	Abamectina	Grupo químico 6 (ativadores dos canais de cloro)	75	3
Sulficamp	Enxofre	Inorgânico	300	15
Sumirody 300	Fenpropatrina	Grupo químico 3 (moduladores dos canais de sódio)	65	3
Veromite	Propargito	Grupo químico 12C (inibidores da fosforilação oxidativa)	30	4
Vertimec 18 EC	Abamectina	Grupo químico 6 (ativadores dos canais de cloro)	75	7
<b>Inseticida</b>				
Actara 250 WG	Tiametoxam	Grupo químico 4 (agonista/antagonista dos receptores nicotínicos da acetilcolina)	10	1
Delegate	Spinetoram	Grupo químico 5 (ativadores dos receptores alostéricos e nicotínicos da acetilcolina)	12 a 20	3
Karate Zeon 50 CS	Lambda-cialotrina	Grupo químico 3 (moduladores dos canais de sódio)	80	7
Lecar	Lambda-cialotrina	Grupo químico 3 (moduladores dos canais de sódio)	80	7
Malathion 500 CE Sultox	Malationa	Grupo químico 1B (inibidores da acetilcolinesterase)	200	7

Fonte: Agrofit (2012) e <sup>(1)</sup>Insecticide Resistance Action Committee (2012).

controle de ácaros e pulgões (BERNARDI et al., 2010, 2011), ainda não foi avaliada quanto ao efeito sobre *F. occidentalis* em morangueiro. Trabalhos de pesquisa visando associar o uso de inseticidas seletivos com agentes de controle biológico estão sendo conduzidos.

## Lagartas

*Spodoptera eridania* (Cramer)  
(Lepidoptera: Noctuidae)

*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)  
(Lepidoptera: Noctuidae)

*Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae)

### Descrição e bioecologia

Várias espécies de lepidópteros da família Noctuidae causam danos na área das folhas do morangueiro. No Rio Grande do Sul, *Spodoptera eridania* é a espécie mais frequente e, no Paraná, além de *S. eridania*, é frequente a ocorrência de *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa zea* nas áreas de produção de morangueiro, principalmente em cultivos que estão próximos de plantios de milho. São insetos polívoros, ou seja, apresentam grande quantidade de hospedeiro para a alimentação.

Na fase adulta, as mariposas (Figura 26A) possuem hábitos noturnos – como atividades de migração, acasalamento e postura –, que são realizados ao entardecer. Os ovos são pequenos e colocados em massa na face inferior das folhas. O período embrionário dura cerca de 4 ou 5 dias. As lagartas recém-eclodidas alimentam-se de folhas, raspando-as, e assim que mudam de instar, procuram brotações mais novas e folhas para alimentação. A fase larval tem duração aproximada de 15 dias, passando por cinco ou seis estádios larvais (instares). Ao final do último instar larval, as lagartas descem ao solo ou a lugares abrigados, para se transformarem em pupas. A fase de pupa dura cerca de 4 ou 5 dias, quando, então, passam para a fase adulta. O ciclo completo (de ovo a adulto) é de aproximadamente 32 dias, a 25 °C, e a fecundidade média é de aproximadamente 150 ovos por dia.

Os danos são causados pelas lagartas que se alimentam das folhas, afetando diretamente o desenvolvimento das plantas (Figura 26B). As lagartas também atacam frutas verdes e maduras, sendo essas últimas as preferidas (Figura 26C). Os danos nas frutas também servem de entrada para fungos e outras pragas secundárias.



**Figura 26.** Características de *Spodoptera eridania*: adulto (A); lagarta alimentando-se de folha (B); lagarta alimentando-se de fruta verde (C).

## Monitoramento

As lagartas de Noctuidae atacam a cultura do morangueiro durante a noite e, durante o dia, permanecem abrigadas no solo, rente ao sistema radicular das plantas, assim como debaixo de torrões de solo e pedaços de madeira e pedras. Por essa razão, o monitoramento deve ser feito avaliando-se a presença do inseto no solo em 20 plantas por hectare. O controle deve ser realizado quando forem encontradas lagartas em 5% das plantas ou 2% de frutas danificadas.

## Controle

Para essas espécies (*S. eridania*, *S. frugiperda* e *H. zea*), a principal estratégia de controle tem sido o emprego de inseticidas, com destaque para piretroides autorizados para a cultura. A azadiractina, recentemente registrada para o controle de ácaros, apresenta potencial de controle dessas espécies.

## Lagarta-da-coroa do morangueiro

### *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae)

*Duponchelia fovealis*, conhecida popularmente como lagarta-da-coroa do morangueiro, é um inseto polífago, que causa danos significativos em no mínimo 35 espécies de plantas hospedeiras (STOCKS; HODGES, 2011). No morangueiro, há registro da ocorrência na Itália (BONSIGNORE; VACANTE, 2010), em Portugal (FRANCO; BAPTISTA, 2010) e na França (CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL, 2012). A lagarta-da-coroa foi relatada pela primeira vez no Brasil por Zawadneak et al. (2011), causando danos em morangueiros cultivados em estufas, no Paraná. Além do morangueiro, também já foi constatada em plantas de kalanchoê (*Kalanchoe blossfeldiana* Poelln), comercializadas em vasos.

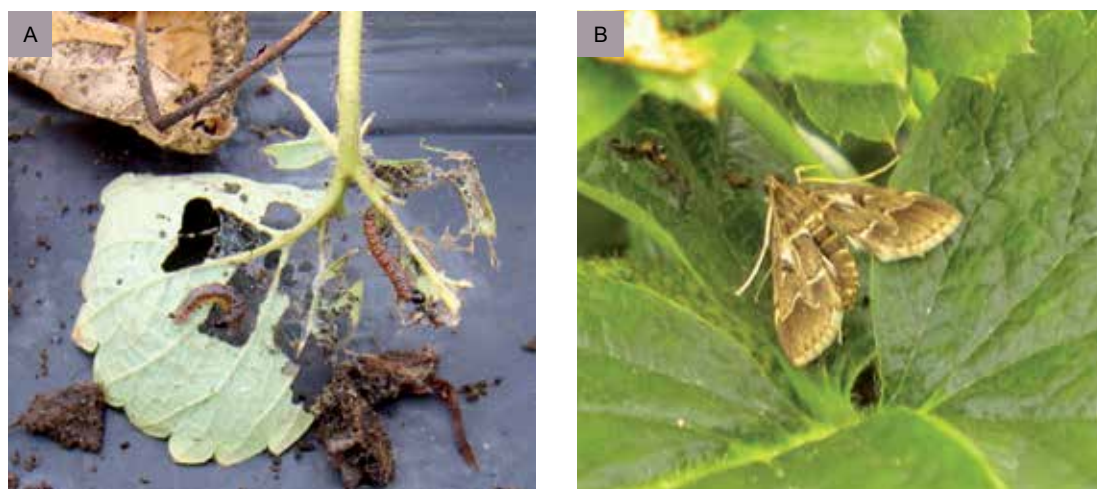
*Duponchelia fovealis* é originária da região do Mediterrâneo e das Ilhas Canárias. Atualmente, está estabelecida em outras partes da Europa e da África, e também na Ásia, na Índia, no Canadá e nos Estados Unidos da América (BRAMBILA; STOCKS, 2010; CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL, 2012; HOFFMAN, 2010). Não há informações sobre a forma como a praga ingressou no Brasil, podendo ter sido introduzida junto com material propagativo de plantas ornamentais (CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL, 2012; SOLIS, 2006; STOCKS; HODGES, 2011).

### Descrição e bioecologia

Os ovos têm formato elíptico e medem em média 0,5 mm x 0,7 mm de largura e comprimento. Possuem coloração amarelo-clara e tornam-se avermelhados perto da eclosão. As lagartas, quando totalmente desenvolvidas, medem de 20 mm a 30 mm, têm coloração que varia de branco-creme (Figura 27A) a marrom-clara ou acinzentada, dependendo da planta hospedeira. No primeiro segmento do tórax, há uma placa dorsal esclerotizada, da mesma cor da cabeça. A pupa apresenta coloração castanho-clara, medindo de 9 mm a 12 mm de comprimento. É abrigada dentro de um casulo, que mede de 15 mm a 19 mm de comprimento, tecido com seda e recoberto por pequenos fragmentos vegetais, partículas de solo e excrementos.

Os adultos de *D. fovealis* medem de 9 mm a 12 mm de comprimento e de 19 mm a 21 mm de envergadura. Têm cabeça, antenas e corpo pardos, sendo o abdômen circundado por anéis de coloração amarelo-clara. O abdômen do macho é delgado, enquanto

o da fêmea é robusto. As asas anteriores são marrons, sendo mais escuras nos ápices, com duas linhas transversais finas, amarelo-claras. A linha mais externa apresenta, na região central, um desenho em forma de dedo projetado para o ápice da asa. Quando em repouso, as asas são mantidas sob o corpo, formando um triângulo (Figura 27B) (BONSIGNORE; VACANTE, 2010; BRAMBILA; STOCKS, 2010; CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL, 2012; STOCKS; HODGES, 2011; ZAWADNEAK et al., 2011).



Fotos: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 27.** Fases do ciclo biológico de *Duponchelia fovealis*: lagarta (A) e adulto sobre folha (B) – detalhe da curvatura característica do abdômen.

A *D. fovealis* está presente o ano inteiro nas lavouras, já que há disponibilidade de alimento em virtude do ciclo de cultivo da planta. Durante o dia, as mariposas vivem escondidas embaixo das folhas das plantas e realizam voos curtos e irregulares quando perturbadas.

O tempo de desenvolvimento de *D. fovealis* varia de acordo com a temperatura e o tipo de cultivo. No Paraná, avaliações preliminares dos parâmetros biológicos de *D. fovealis*, em dieta artificial e em condições controladas ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , UR de  $70\% \pm 10\%$  e 12 horas de fotofase), demonstraram que os adultos vivem em média 12 dias, e cada fêmea pode produzir 145 ovos, sendo de 54 dias a duração do período de ovo a adulto.

As lagartas podem danificar folhas, flores, frutas e o caule (coroa) da planta (Figura 28). À medida que se desenvolvem, as lagartas perfuram as folhas, deixando lesões circulares assimétricas, destruindo-as parcial ou totalmente. A praga pode ainda atacar as flores do morangueiro e alimentar-se de frutas em maturação. As lagartas são ágeis e



Fotos: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak



**Figura 28.** Danos causados por *Duponchelia fovealis*: broqueamento do caule (coroa) (A, B); planta com sintoma de secamento (C); danos em frutos de morango (D).

apresentam preferência pela folhagem no estrato inferior das plantas de morangueiro e por locais com maior umidade nos canteiros. No local de ataque, percebe-se grande quantidade de excrementos e teias produzidos pela lagarta. O ataque por broqueamento do caule provoca a morte das folhas mais velhas, localizadas próximo ao solo.

Os prejuízos causados pelo ataque de *D. fovealis* no morangueiro variam dependendo do estágio de desenvolvimento da lagarta, do nível de infestação, da idade fenológica da planta hospedeira, do tipo de cultivo (protegido por túneis ou a céu aberto), da cultivar plantada, da condição edafoclimática e do manejo da água (presença de áreas encharcadas na lavoura). Os níveis de infestação aumentam quando o produtor deixa a cultura em

produção por mais de um ano (segundo ciclo) sem fazer a limpeza das folhas velhas e secas na base da planta, e sem destruir as plantas mortas pelo ataque da praga.

## Monitoramento

A maneira mais prática para identificar a presença do inseto é a avaliação visual, que permite detectar formas imaturas (larvas, pupas contidas em casulos) e sintomas de danos causados nas plantas. Além disso, o monitoramento da população pode ser feito pela captura de adultos, com armadilhas com lâmpada ultravioleta (CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL, 2012) ou a associação dessas com feromônio sexual, para a captura de machos, ainda não disponível no mercado brasileiro (BONSIGNORE; VACANTE, 2010; DEVENTER, 2009; STOCKS; HODGES, 2011). No Paraná, testes com armadilhas contendo a associação de lâmpadas ultravioleta, placas com cola adesiva e recipientes com água têm apresentado resultados positivos no monitoramento da população de adultos em áreas de cultivo do morangueiro. Em áreas de cultivo de plantas relatadas como possíveis hospedeiros de *D. fovealis*, é recomendada a realização de vistorias sistemáticas, de modo a verificar a ocorrência do inseto no início de sua infestação (BONSIGNORE; VACANTE, 2010; DEVENTER, 2009; GUDA et al., 1988; STOCKS; HODGES, 2011).

## Controle

O método de controle mais importante consiste principalmente na remoção de plantas infestadas e de plantas não produtivas da área de cultivo. É recomendada ainda a remoção das folhas do baixeiro da planta que estão em contato com o solo e de detritos vegetais dos canteiros, assim como o manejo da água de irrigação e o plantio de cultivares mais tolerantes (BRAMBILA; STOCKS, 2010; RISK..., 2005; STOCKS; HODGES, 2011).

## Biológico

São vários os relatos de sucesso com a utilização de organismos benéficos presentes no solo para o controle de *D. fovealis*, tais como: ácaros predadores de pragas de solo *Stratiolaelaps miles* (Berlese) (Acari: Mesostigmata: Laelapidae); *Hypoaspis miles* (Berlese) e *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini) (Acari: Laelapidae); adultos do besouro *Atheta coriaria* Kraatz (Coleoptera: Staphylinidae); produtos à base de *Bacillus thuringiensis* Berlinier (Bt), bactéria entomopatogênica; e vespas do gênero *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)



(BONSIGNORE; VACANTE, 2010; BRAMBILA; STOCKS, 2010; CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL, 2012; STOCKS; HODGES 2011; ZIMMERMANN, 2004). Além do mais, já foi relatada a presença de *Cotesia* sp. (Hymenoptera: Braconidae) e aranhas predadoras atacando lagartas de *D. fovealis*.

## Químico

Até a presente data, não existem inseticidas validados para o controle de *D. fovealis* que sejam eficientes. O combate a essa lagarta, apenas com base em inseticidas, via pulverização, é difícil porque a praga fica protegida debaixo de folhas, detritos, teias e em material vegetal senescente, e permanece na parte basal da planta (BRAMBILA; STOCKS, 2010; STOCKS; HODGES, 2011). Além disso, como *D. fovealis* tem períodos em que não se alimenta (pré-pupal e pupal), os produtos sistêmicos que funcionam por meio de ingestão também não têm efeito significativo (STOCKS; HODGES, 2011). Por ser praga exótica, a ausência de produtos registrados dificulta a recomendação de controle químico de *D. fovealis* na cultura infestada (STOCKS; HODGES, 2011; ZAWADNEAK et al., 2011).

## Coleópteros

### Broca-do-morangueiro – *Lobiopa insularis* (Castelnau) (Coleoptera: Nitidulidae)

*Lobiopa insularis*, conhecido popularmente como broca-do-morangueiro, é uma das principais pragas da cultura, provocando danos diretos nas frutas, inviabilizando-as, assim, para o consumo e a comercialização (FORNARI; BOTTON, 2008; GUIMARÃES et al., 2009; RONDON et al., 2011; SALLES; WILLIAMS, 1983). É considerada uma praga polífaga, pois, além de ocasionar danos à cultura do morangueiro, também danifica bananeira, figueira, videira e milho, além de ser vetor de patógenos, como *Aspergillus flavus*, em milho e morango (CALLAHAN, 1983; DOWD; WEBER, 1991; LUSSENHOP; WICKLOW, 1990).

## Descrição e bioecologia

Os adultos são besouros de 5 mm de comprimento, de corpo ovalado e achatado, com coloração marrom-clara e manchas escuras e amarelas no dorso. Suas larvas são

brancas, alongadas, com três pares de pernas e pelos no corpo (RONDON et al., 2011). Tanto as larvas quanto os adultos alimentam-se das frutas, danificando preferencialmente as mais maduras e as que se encontram próximo do solo. As fêmeas, após o acasalamento, fazem posturas nas frutas, de onde as larvas eclodem. As frutas atacadas pela praga ficam imprestáveis para a comercialização (Figura 29). Além disso, os adultos, ao se moverem de uma fruta para outra, podem dispersar patógenos, que causam podridões, ampliando ainda mais as perdas na produção.

Foto: Rodrigo Fornari



Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak



**Figura 29.** Danos causados por *Lobiopa insularis* em morango: adulto saindo de um orifício, construído em fruta madura (A); fruta danificada por larvas e adultos em decomposição (B).

Durante o período de entressafra (inverno), tanto as larvas quanto os adultos entram em hibernação, refugiando-se em áreas adjacentes à lavoura de morangueiro, distribuindo-se verticalmente abaixo do nível do solo e, principalmente, sob a vegetação rasteira, pedras e pedaços de madeira (LOUGHNER et al., 2007).

## Monitoramento

O monitoramento da praga deve ser feito a partir do início da colheita das frutas. Os danos são registrados pela utilização de armadilhas do tipo *pit fall*. As armadilhas *pit fall* podem ser construídas com potes de plástico (do tipo margarina), no interior dos quais é

Foto: Rodrigo Fornari



**Figura 30.** Armadilha utilizada para monitoramento de *Lobiopa insularis*, colocada no interior do canteiro de morangueiro.

colocada uma mistura previamente batida no liquidificador (uma parte de morango para uma parte de água). Na tampa dos potes, são feitos pequenos furos (1 cm de diâmetro), por onde o inseto é capturado. As armadilhas são enterradas na linha do canteiro, mantendo-se a abertura superior do recipiente no nível do solo. Recomenda-se utilizar 4 armadilhas por hectare (Figura 30).

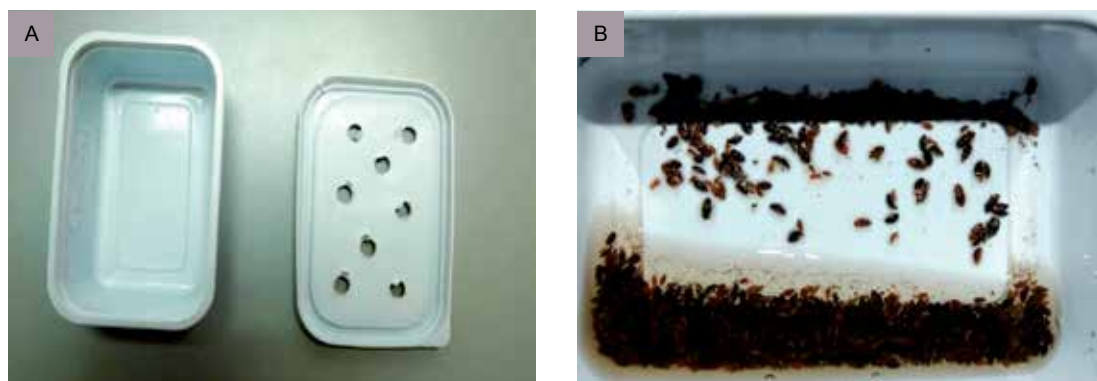
O atrativo à base de suco de morango deve ser trocado semanalmente, pois, de acordo com Fornari e Botton (2008), a partir de 7 dias de exposição no campo, o suco perde a atratividade, diminuindo, assim, gradativamente o número de insetos capturados.

Na região da Serra Gaúcha, os adultos migram para as lavouras de morango de primeiro ano (plantadas em abril e maio) a partir do início das primeiras colheitas de frutas, durante o mês de junho. O nível de infestação varia conforme o histórico da área e a localização da lavoura. Na região, os picos populacionais da praga têm sido observados nos meses de dezembro e janeiro, período que também se caracteriza por temperaturas elevadas, o que favorece o desenvolvimento do inseto e, consequentemente, o aumento da densidade populacional (FORNARI; BOTTON 2008).

## Controle

Não existem inseticidas autorizados para o controle da broca-do-morangueiro na cultura. Como prática de manejo, recomenda-se o controle cultural por meio da eliminação das frutas danificadas e refugadas (sobremaduras), deixadas no interior da lavoura. Também se recomenda colher os morangos pelo menos três vezes por semana, de forma a evitar deixar frutas maduras nos canteiros, que vão atrair os insetos e aumentar a infestação (GUIMARÃES et al., 2009). A sanitização também deve ser realizada nos arredores do cultivo, pela eliminação de hospedeiros alternativos (fruteiras), evitando-se, assim, que a praga encontre abrigo durante a entressafra.

O emprego de iscas tóxicas é uma alternativa complementar à sanitização. Essa prática consiste na utilização de armadilhas *pit fall*, com iscas com suco de morango, as quais se assemelham às recomendadas para o monitoramento. No entanto, as armadilhas devem ser dispostas em maior densidade na lavoura. Recomenda-se, portanto, uma armadilha *pit fall* para cada 10 m de canteiro (Figura 31).



Fotos: Cindy Corrêa Chaves

**Figura 31.** Detalhes da utilização das armadilhas para o controle de *Lobiopa insularis*: armadilhas (no caso, potes de margarina) de captura de adultos e larvas, com furos (de 0,5 cm) na parte superior, para a entrada dos insetos (A); insetos adultos da broca-do-morangueiro coletados durante o monitoramento (B).

## Besouros de solo – gorgulhos (Coleoptera: Curculionidae) e corós (Coleoptera: Scarabaeidae)

Em diversas regiões onde se cultiva o morangueiro, tem sido comum a presença de larvas de besouros que se alimentam das raízes das plantas no início do desenvolvimento. De maneira geral, tem sido observada a presença de larvas de gorgulhos (Curculionidae) e corós (Scarabaeidae), principalmente em áreas cultivadas anteriormente com campo nativo. Até o momento, não foram conduzidos estudos para determinar as espécies mais frequentes e suas características biológicas.

### Gorgulhos (Coleoptera: Curculionidae)

Os besouros da família Curculionidae são polípagos e podem causar graves danos aos morangueiros ao se alimentarem de raízes em sua fase larval, sendo que, na fase adulta, alimentam-se somente de folhas. No Brasil, não há trabalhos de identificação e estudos de

bioecologia sobre gorgulhos que atacam morangueiro. No Paraná, o gorgulho *Naupactus tremolerasi* Hustache é uma das espécies identificadas que causam grandes danos à cultura.

### Descrição e bioecologia

Os ovos de gorgulhos, que são de cor branco-pérola, logo após a oviposição, mudam depois para a cor âmbar. Têm formato esférico, medindo em média 0,5 mm. As fêmeas do gorgulho ovipositam no solo, ao redor das raízes das plantas. A larva é de coloração branco-leitosa, ápoda, recurvada, com cabeça quitinizada e diferenciada, com mandíbulas bem desenvolvidas (Figura 32A). O tamanho das larvas é variável – dependendo da espécie, pode ter de 6 mm a 12 mm de comprimento no último instar larval. São insetos que empupam no solo. A pupa tem coloração branca e tipo exarada (Figura 32B). Pupas de *N. tremolerasi* são encontradas dentro da região da coroa. Os adultos de curculionídeos apresentam tamanho e coloração variados, conforme a espécie, sendo caracterizados pelo prolongamento do rostro. Durante o dia, os adultos ficam abrigados na parte abaxial das folhas ou debaixo de torrões de solo, rente à base das plantas, debaixo de pedra e madeira podre. À noite, alimentam-se de folhas. A duração de cada uma das fases do desenvolvimento varia de acordo com a espécie, podendo apresentar um ciclo biológico de 260 a 300 dias. Ocorre apenas uma geração por ano (univoltinos) (TOL et al., 2012).

Adultos de gorgulhos consomem as folhas pelas bordas do limbo foliar, sendo o dano pouco significativo. As larvas alimentam-se de raízes finas; no entanto, causam sérios danos por broqueamento das raízes e coroas de plantas de morango, onde podem



Fotos: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 32.** Fases do ciclo biológico de curculionídeos: larva (A); pupa de *Naupactus tremolerasi* (B).



fazer galerias externas ou internas, nas quais empupam (Figura 33). As plantas tornam-se atrofiadas e escuras e podem morrer. As folhas ficam agrupadas e secam. Os adultos não voam, e o ataque ocorre em reboleiras. Os morangueiros recém-transplantados podem ser particularmente suscetíveis aos gorgulhos.



Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 33.** Danos ocasionados pelo gorgulho-da-raiz *Naupactus tremolerasi* em morangueiro.

## Corós (Coleoptera: Scarabaeidae)

### Descrição e bioecologia

Os ovos são depositados no solo, de onde as larvas eclodem. Essas apresentam a forma de um “C”, com coloração branco-amarelada, com pernas e cabeça marrom-amareladas, podendo atingir um comprimento de 3 cm a 4 cm (Figura 34A). O período de duração da fase larval (fitófaga) varia conforme a espécie, podendo ser de até 3 anos. Os adultos apresentam coloração marrom-avermelhada brilhante, medindo aproximadamente 18 mm de comprimento e 8 mm de largura. Têm pelos dourados na parte lateral do tórax, próximo das pernas. Os adultos apresentam élitros com finas perfurações e coloração marrom-escura ou preta, e medem de 17 mm a 21 mm (Figura 34B), podendo apresentar dimorfismo

Foto: Daniel Bernardi



Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 34.** Fases do ciclo biológico dos corós: larvas (A) e adulto macho de Scarabaeidae (B).

sexual. Os adultos possuem hábito noturno, alimentando-se preferencialmente de folhas jovens e flores.

Tanto as larvas quanto os adultos de Scarabaeidae podem causar danos à cultura, sendo os mais severos aqueles ocasionados pelas larvas de terceiro instar, que consomem as raízes da planta e fazem anelamento da coroa. Os adultos possuem hábito noturno, alimentando-se preferencialmente de folhas jovens e flores. O dano de Scarabaeidae consiste em perfurações feitas nas folhas. Eles também podem danificar a planta, alimentando-se do sistema radicular. Plantas atacadas por esse inseto murcham e diminuem o crescimento e a produção de frutas. Um grande número de insetos pode induzir as plantas à morte.

### **Monitoramento**

O monitoramento tem como alvo principal a detecção da presença de larvas antes do plantio. Para tal, o solo deve ser amostrado, abrindo-se trincheiras no solo (de 0,5 m de comprimento x 0,25 m de largura x 0,20 m de profundidade), para identificar a presença de larvas.

### **Controle**

Há poucas informações sobre o nível de controle e sobre estratégias para se reduzir a população dessas espécies na cultura do morangueiro. Recomendam-se, então, as seguintes medidas:

- Evitar a implantação do cultivo em áreas infestadas.
- Como a fase larval é pouco móvel, recomenda-se que os novos canteiros sejam instalados bem distantes dos locais infestados.
- Quando for observada a presença de larvas na área antes do plantio, o solo deverá ser revolvido, de maneira a expor as larvas na superfície, favorecendo, assim, sua predação por pássaros e outros inimigos naturais e/ou o dessecamento.
- Fazer rotação de culturas com milho e um cereal de inverno durante pelo menos 2 anos. Nesses cultivos, empregar o tratamento de sementes com inseticidas, visando reduzir a população das espécies. Depois de realizado o plantio e identificados os focos de infestação, também pode ser realizado o controle químico por gotejamento.



## Moluscos

Lesmas – *Deroceras laeve*  
(Eupulmonata: Agriolimacidae)

Caracóis – *Bradybaena similaris*  
(Stylommatophora: Xanthonychidae)

### Descrição e bioecologia

Os moluscos alimentam-se de uma grande variedade de plantas. Apresentam corpo mole, viscoso, pegajoso e bastante flexível, medem aproximadamente de 12 mm a 36 mm e têm coloração cinza-preto (Figura 35). Apresentam dois conjuntos de tentáculos (superiores e inferiores), sendo que, nos superiores, localizam-se os olhos e, nos inferiores, os órgãos sensoriais. Apresentam um músculo nos pés, que serve para a locomoção (para deslizar), e secretam um muco que, ao secar, forma uma trilha de limo, de coloração prateada. A duração da fase imatura é de cerca de 3 a 4 meses. Os adultos apresentam fecundação sexuada, sendo que algumas espécies são hermafroditas, ou seja, apresentam os dois sexos no mesmo indivíduo. As fêmeas colocam de 300 a 500 ovos durante o ciclo biológico, podendo viver de 9 a 13 meses. Os ovos são de coloração branca, sendo depositados em massa, em lugares protegidos (debaixo de pedras ou de madeira podre e palhada usada para a cobertura do solo), diferentemente do que fazem os caracóis, que enterram os ovos no solo.



Fotos: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 35.** Lesma atacando flor (A) e fruta (B) do morangueiro.

Esses organismos consomem folhas e frutas maduras. Nas folhas, são feitas perfurações irregulares. Nas frutas maduras, abrem galerias internas, que servem de porta de entrada para outras pragas, como nitidulídeos (Figura 36).

Foto: Daniel Bernardi



Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

**Figura 36.** Danos causados por moluscos em morangos.

## Monitoramento

O monitoramento de lesmas e caracóis deve ser feito no período noturno ou no início da manhã. Durante o dia, recomenda-se avaliar seus esconderijos, como pedras, madeira podre, cobertura de plástico, ambientes úmidos ideais onde ficar durante o dia. Recomenda-se amostrar 20 plantas de morangueiro por hectare, realizando o controle quando forem observados 5% de morangueiros infestados.

## Controle

O emprego de cal virgem ou cinza ao redor da área de plantio, formando trilhas de 10 cm a 15 cm de largura ao redor do canteiro, é um procedimento que pode ser adotado. Recomenda-se também remover os esconderijos, como pedras e pedaços de madeira podre, e evitar a formação de lugares úmidos, ajudando, conseqüentemente, a reduzir a infestação por essas espécies. O controle químico pode ser efetuado mediante o uso de pó de cal ou cinza, formando trilhas ao redor dos canteiros, ou a utilização de iscas à base de metaldeído ou ferramol.

## Considerações finais

Um dos maiores desafios para a consolidação do morango como alimento seguro para os consumidores consiste no fornecimento de frutas isentas de resíduos tóxicos ou, pelo menos, com níveis aceitáveis. No ano de 2010, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) (ANVISA, 2009) divulgou os resultados de uma pesquisa relacionada à presença de agrotóxicos não permitidos ou com teores acima do limite máximo de resíduos permitido, e constatou 50,8% de inconformidades nas amostras avaliadas. Esse é um fato preocupante, visto que os consumidores, cada vez mais exigentes em alimentos seguros, acabam preterindo a fruta, o que gera prejuízos a toda a cadeia produtiva. O elevado número de inconformidades é resultado de diversos fatores associados: a) reduzido número de inseticidas autorizados para uso na cultura; b) complexo e diversificado grupo de pragas que danificam a cultura; c) inobservância por parte dos produtores das boas práticas agrícolas (BPA), incluindo o desrespeito ao período de carência e à dosagem aplicada; e d) disponibilidade no mercado de produtos de eficiência comprovada, porém não autorizados para emprego na fruticultura, pela sua elevada toxicidade, como é o caso do endossulfan. O uso indevido de agrotóxicos na cultura é um dos problemas mais sérios a ser investigado.

O mercado de frutas apresenta grande potencial de crescimento. Paralelamente, o perfil dos consumidores consolida-se em preocupações não apenas com as qualidades organolépticas das frutas adquiridas, mas também com a sustentabilidade dos sistemas de produção. Nesse sentido, a necessidade de produzir frutas seguras, sem comprometer a integridade do ambiente e do produtor, é uma realidade premente.

Para atender a essas exigências, a adoção de práticas fitossanitárias para o controle de pragas é decisão inarredável para pesquisadores, técnicos e produtores. Apesar dos avanços tecnológicos obtidos nas últimas décadas, a área carece de estratégias de manejo menos dependentes de insumos e que resultem em redução do custo do tratamento.

Além disso, muitas informações desenvolvidas pela pesquisa nem sempre estão acessíveis aos agricultores, sendo que, em muitos casos, em virtude de lacunas na legislação, não chegam sequer a ser disponibilizadas. Isso se deve, principalmente, à demora nos procedimentos legais e à falta de interesse econômico na comercialização de alguns produtos.

A alteração desse cenário será fundamental para manter a sustentabilidade do setor produtivo morangueiro no Brasil, garantindo a atividade não apenas pelo ponto de vista

econômico, mas também pela sua função social, em todas as regiões onde é desenvolvida. Acredita-se, de qualquer forma, que o uso do monitoramento, associado à disponibilidade de novas ferramentas de manejo, apresentadas neste capítulo, ajudarão a controlar as principais pragas, reduzindo, assim, significativamente o uso de agrotóxicos não autorizados para a cultura.

## Referências

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**: consulta aberta. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 22 mar. 2012.

ANVISA. **Divulgado monitoramento de agrotóxicos em alimentos**. Brasília, DF, 15 abr. 2009. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2009/150409\\_1.htm](http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2009/150409_1.htm)>. Acesso em: 18 jan. 2012.

ARAUJO, E. S.; ZAWADNEAK, M. A. C.; TAVARES, M. T.; BENATTO, A.; MÓGOR, Á. F. Occurrence of *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) parasitizing *Aphis forbesi* Weed, 1889 (Hemiptera: Aphididae) in the strawberries crop in the metropolitan Region of Curitiba, Parana, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 1, p. 1-2, 2013.

BERNARDI, D.; BOTTON, M.; CUNHA, U. S. da.; NAVA, D. E.; GARCIA, M. S. **Bioecologia, monitoramento e controle do ácaro-rajado com o emprego da azadiractina e ácaros predadores na cultura do morangueiro**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 16 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, 83).

BERNARDI, D.; BOTTON, M.; GARCIA, M. S.; CUNHA, U. S. da.; NAVA, D. E. **Bioecologia, monitoramento e controle de** *Chaetosiphon fragaefolli* (Cockerell, 1901) (Hemiptera: Aphididae) **na cultura do morangueiro**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2011. 8 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, 84).

BERNARDI, D.; GARCIA, M. S.; BOTTON, M.; CUNHA, U. S. da. Efeito da azadiractina sobre *Chaetosiphon fragaefolli* (Cockerell, 1901) (Hemiptera: Aphididae) na cultura do morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 93-101, 2012a.

BERNARDI, D.; GARCIA, M. S.; BOTTON, M.; NAVA, D. E. Biology and fertility life table of the green aphid *Chaetosiphon fragaefolli* on strawberry cultivars. **Journal of Insect Science**, v. 12, n. 22, p. 8, 2012b.

BERTON, L. H. C.; SATO, M. E.; RAGA, A.; AZEVEDO FILHO, J. A. de; NICASTRO, R. L.; SILVA, M. Z. da. Controle biológico de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) utilizando *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) em morangueiro em Monte Alegre do Sul. **O Biológico**, v. 69, n. 2, p. 113-198, 2007. Trabalho apresentado na XX Reunião Anual do Instituto Biológico.

BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. **Aphids on the world's crops**: an identification and information guide. 2nd ed. New York: J. Wiley, 1984. 466 p.

BONSIGNORE, C. P.; VACANTE, V. *Duponchelia fovealis* Zeller: una nuova emergenza per la fragola? **Protezione delle colture**, v. 3, p. 40-43, 2010.

BOTTON, M.; BERNARDI, D.; NAVA, D. E.; CUNHA, U. S. da.; GARCIA, M. S. Manejo de pragas na cultura do morangueiro. In: ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 4., 2010, Pelotas. **Palestras e resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. p. 23-29.

BRAMBILA, J.; STOCKS, I. **The European pepper moth, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae)**: a Mediterranean pest moth discovered in Central Florida. Tallahassee: Florida Department of Agriculture and Consumer Service-Division of Plant Industry, 2010. [http://www.freshfromflorida.com/pi/pest\\_alerts/pdf/duponchelia\\_fovealis.pdf](http://www.freshfromflorida.com/pi/pest_alerts/pdf/duponchelia_fovealis.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2012.

BRAZANTI, E. C. **La fresca**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989. 386 p.

BUENO, V. H. P.; LENTEREM, J. C. van; SILVEIRA, L. C. P.; RODRIGUES, S. M. M. An overview of biological control in greenhouse chrysanthemums in Brazil. **IOBC/WPRS Bulletin**, v. 26, p. 1-5, 2003.

CALLAHAN, P. S. Strawberry SAP beetle, *Lobiopa insularis*. In: SPINK, W. T. **Insect conditions in Louisiana**. Baton Rouge: Louisiana State University, 1983. p. 15.

CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; ANTUNES, O. T.; NIENOW, A. A. **Morangueiro polinizado pela abelha jataí em ambiente protegido**. Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 2005. 53 p.

CÉDOLA, C.; GRECO, N. Presence of the aphid *Chaetosiphon fragaefolii* on strawberry in Argentina. **Journal of Insect Science**, v. 9, n. 10, p. 1-9, 2010.

CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL. **Duponchelia fovealis (southern European marshland pyralid)**. 2012. Disponível em: <<http://www.cabi.org/isc/?compid=5&dsid=20168&loadmodule=datasheet&page=481&site=144>>. Acesso em: 2 fev. 2012.

CHAVES, C. C.; NONDILLO, A.; BERNARDI, D.; BOTTON, M. Avaliação de *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthoridae) para o controle de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) na cultura do morangueiro. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 12.; MOSTRA CIENTÍFICA, 2., 2010, Pelotas. **Resumo...** Pelotas: UFPEL, 2010.

CHIAVEGATO, L. G.; MISCHAN, M. M. Efeito do *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) na produção de morangueiro (*Fragaria* sp.) cv. 'Campinas'. **Científica**, v. 9, p. 257-266, 1981.

COLL, M.; SHAKYA, S.; SHOUSTER, I.; NENNER, Y. Decision-making tools for *Frankliniella occidentalis* management in strawberry: consideration of target markets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 121, p. 1-9, 2006.

COSTA, C. L.; EASTOP, V. F.; BLACKMAN, R. L. Brazilian Aphidoidea: I. Key to families, subfamilies and account of the phylloxeridae. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 197-215, 1993.

DEVENTER, P. van. **Water trap best for catching Duponchelia in the Greenhouse**. 2009. Disponível em: <[http://documents.plant.wur.nl/wurglas/C\\_bestwatertrap.pdf](http://documents.plant.wur.nl/wurglas/C_bestwatertrap.pdf)>. Acesso em: 1º abr. 2012.

DOWD, P. F.; WEBER, C. M. A Labor-saving method for rearing a corn sap beetle, *Carpophilus freeman* dobson (Coleoptera: Nitidulidae), on pinto bean-based diet. **Journal of Agricultural Entomology**, v. 8, n. 3, p. 149-153, 1991.

EASTERBROOK, M. A.; FITZGERALD, J. D. SOLOMON, M. G. Biological control of strawberry mite *Phytonemus pallidus* and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus* (Amblyseius) (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 25, n. 1, p. 25-36, 2001.

FADINI, M. A. M.; PALLINI, A.; VENZON, M. Controle de ácaros em sistema de produção integrada de morango. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1271-1277, 2004.

FERLA, N. J.; MARCHETTI, M. M. Ácaros em morangueiro e amoreira-preta: levantamento de espécies e flutuação populacional. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 2., 2004, Vacaria. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 51-54.

FLECHTMANN, C. H. W. **Ácaros de importância agrícola**. São Paulo: Nobel, 1985. 189 p.

FORNARI, R.; BOTTON, M. Avaliação de atrativos alimentares para o monitoramento de *Lobiopa insularis* (Castelnau, 1840) (Col: Nitidulidae) na cultura do morangueiro. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA UVA E VINHO, 11.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUANDOS DA EMBRAPA UVA E VINHO, 2., 2008, Bento Gonçalves. **Resumo...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. v. 1, p. 36-36.

FRANCO, M. C.; BAPTISTA, M. C. *Duponchelia fovealis* Zeller: nova praga em Portugal. **Frutas, Legumes e Flores**, n. 110, p. 34-35, 2010.

FRAZIER, N. W.; SYLVESTER, E. S.; RICHARDSON, J. Strawberry crinkle. In: CONVERSE, R. H. (Ed.). **Virus diseases of small fruits**. Washington, DC: USDA-Agricultural Research Service, 1987. p. 20-25. (Agriculture handbook, n. 631).

GONZALEZ ZAMORA, J. E.; GARCIA MARI, F. The efficiency of several sampling methods for *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in strawberry flowers. **Journal of Applied Entomology**, v. 127, p. 516-521, 2003.

GUDA, C. D.; CAPIZZI, A.; TREMATERRA, P. Damages on *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. caused by *Duponchelia fovealis* (Zeller). **Annali dell'Istituto Sperimentale per la Floricoltura**, v. 19, p. 3-11, 1988.

GUIMARÃES, J. A.; FILHO, M. M.; RIBEIRO, M. G. P. de M.; LIZ, R. S. de; GUEDES, Í. M. R. **Ocorrência e manejo da broca-do-morangueiro no Distrito Federal**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. 5 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado técnico, 74).

HOFFMAN, K. **Detection advisory**: a cramid moth: *Duponchelia fovealis* (Zeller). 16 July 2010. Disponível em: <<http://www.kernag.com/dept/news/2010/2010-san-diego-duponchelia-fovealis-07-16-2010.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. Disponível em: <<http://www.irac-online.org>>. Acesso em: 18 jan. 2012.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.

IWASSAKI, L. A. **Preferência hospedeira e estratégias de manejo do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), nas culturas de morango e crisântemo**. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Campinas.

KRCZAL, H. Investigations on the biology of the strawberry aphid (*Chaetosiphon fragaefolii*), the most important vector of strawberry viruses. **Acta Horticulturae**, v. 129, p. 63-68, 1982.

LABANOWSKA, B. H. Harmfulness of the strawberry mite (*Phytonemus pallidus* ssp. *fragariae* Zimm.) and the twospotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on the strawberry and susceptibility of some cultivars for infestation. In: SYMPOSIUM OF ACAROLOGY, 26., 1999, Kazimierz Dolny. **Proceedings...** Varsóvia: Warsaw University of Life Sciences, 2000. p. 358-361.

LATTIN, J. D. Economic importance of minute pirate bugs (Anthocoridae). In: SCHOEFER, C. W.; PANIZZI, A. R. (Ed.). **Heteroptera of economic importance**. Flórida: CRC Press, 2000. 828 p.

LEWIS, T. **Thrips: their biology, ecology, and economic importance**. London: Academic Press, 1973. 349 p.

LOOMANS, A. J. M.; LENTEREN, J. C. van; TOMASINI, M. G. **Biological control of thrips pests**. Wageningen: Agricultural University Papers, 1995. 201 p.

LOPES, A.; SIMÕES, A. M. (Coord.). **Produção integrada em hortícolas**: família das rosáceas: morangueiro. Oeiras: Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas (PT)-Direcção-geral de Protecção das Culturas, 2006. 135 p. Disponível em: <[http://www.gppaa.min-agricultura.pt/prodi/Prodi\\_rosaceas\\_morango.pdf](http://www.gppaa.min-agricultura.pt/prodi/Prodi_rosaceas_morango.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2012.

LOUGHNER, R. L.; LOEB, G. M.; DEMCHAK, K.; SCHLOEMANN, S. Evaluation of strawberry sap beetle (Coleoptera: Nitidulidae) use of habitats surrounding strawberry plantings as food resources and overwintering sites. **Environmental Entomology**, v. 36, n. 5, p. 1059-1065, 2007.

LUSSENHOP, J.; WICKLOW, D. T. Nitidulid Beetles (Nitidulidae: Coleoptera) as vetores of *Aspergillus flavus* in pre-harvest maize. **Transactions Mycological Society**, v. 31, p. 63-74, 1990.

MARULLO, R.; TREMBLAY, E. Le specie italiane del genere *Frankliniella* Karny: potenza. **Informatore Fitopatologico**, v. 11, p. 37-44, 1993.



MCMURTRY, J. A.; CROFT, B. A. Life-styles of Phytoseiid mites and their holes in biological control. **Annual Review of Entomology**, v. 42, p. 291-321, 1997.

MORAES, G. J. de; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia**: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2008. 288 p.

NICASTRO, R. L. **Resistência de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) ao acaricida Milbemectin e manejo do ácaro-praga em morangueiro e ornamentais com utilização de ácaros predadores (Acari: Phytoseiidae)**. 2009. 57 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) — Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, São Paulo.

NICKEL, O. Doenças causadas por vírus em morangos, amoras pretas, framboesas e mirtilos. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 1., 2003, Vacaria, RS. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. v. 1, p. 41-47. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 37).

NICKEL, O.; UENO, B.; SANHUEZA, R. M. V. Doenças causadas por vírus. In: BOTTON, M.; FORTES, J. F.; AMARO, M.; WEIHMANN, C. R.; GEBLER, L.; PAGOT, E.; SANHUEZA, R. M. V.; REISSER JUNIOR, C.; MELO, G. W. de; AMARANTE, C. V. T. do; SANTOS, H. P. dos; BERNARDI, J.; SIMON, N.; HOFFMANN, A.; FREIRE, J. de M.; ANTUNES, L. E. C.; UENO, B.; RÜCKER, P. A.; MENEGUZZO, A.; PAGNON, H. A.; MONEGAT, V.; GRASSIANI, M. A.; CALEGARIO, F. F.; DIDONÉ, T.; VARGAS, L.; RECH, V. J.; BLAUTH, L.; PASA, J.; BENDER, R. J.; PALOMBINI, M. C.; BORTOLOZZO, A. R.; CONTE, A.; PAIVA, M.; COUTINHO, E. F.; NICKEL, O.; CALGARO, A.; PROTAS, J. F. da S. **Sistema de produção de morango para mesa na região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. (Embrapa Uva e Vinho. Sistema de produção, 6). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MesaSerraGaucha/virus.htm>>. Acesso em: 19 mar. 2012.

NONDILLO, A.; REDAELLI, L. R.; PINENT, S. M. J.; BOTTON, M. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) em morangueiro. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 4, p. 679-683, 2009.

NONDILLO, A.; REDAELLI, L. R.; PINENT, S. M. J.; BOTTON, M. Caracterização das injúrias causadas por *Frankliniella occidentalis* no morangueiro. **Ciência Rural**, v. 40, p. 820-826, 2010.

NONDILLO, A.; REDAELLI, L. R.; PINENT, S. M. J.; BOTTON, M. Exigências térmicas e estimativa do número de gerações anuais de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) em morangueiro. **Neotropical Entomology**, v. 37, p. 646-650, 2008.

NOTHNAGL, M. **Interaction between greenhouse grown chrysanthemum and *Frankliniella occidentalis***. 2006. 41 f. Thesis (Doctoral) - Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp.

OLIVEIRA, H.; JANSSEN, A.; PALLINI, A.; VENZON, M.; FADINI, M.; DUARTE, V. A phytoseiid predator from the tropics as potential biological control agent for the spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, v. 42, n. 2, p. 105-109, 2007.

PALLINI, A. Manejo integrado de ácaros em fruteiras tropicais e subtropicais. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado**: fruteiras tropicais: doenças e pragas. Viçosa: Editora da UFV, 2002. p. 579-614.

PARCHEN, H. A.; KUHN, T. M.; MENDES, R.; DOLCI, E.; ZAWADNEAK, M. A. C. Comparação entre tons de armadilhas cromotrópicas azuis para a captura de tripes na cultura do morangueiro em São José dos Pinhais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 5.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 4., 2010, Pelotas. **Palestras e resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010a. p. 168.

PARCHEN, H. A.; ZAWADNEAK, M. A. C.; SCHUBER, J. M.; PINTO, C. W.; KUHN, T. M.; BENATTO, A.; ARAUJO, E. Identificação e monitoramento de tripes do morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 822-826, 2010b.

PINENT, S. M. J.; BOTTON, M.; REDAELLI, L. R. Identificação da tisanopterofauna associada ao cultivo do caqui, morangueiro e videira no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 9., 2005, Recife. **Anais...** Recife: Fiocruz, 2005. p. 134.



PINENT, S. M. J.; NONDILLO, A.; BOTTON, M.; REDAELLI, L. R.; PINENT, C. E. da C. Species of thrips (Insecta, Thysanoptera) in two strawberry production systems in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 3, p. 419-423, 2011.

POLETTI, M. **Integração das estratégias de controle químico e biológico para a conservação e liberação de ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) em programas de manejo do ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)**. 2007. 166 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

POLETTI, M.; COLLETTE, L. de P.; OMOTO, C. Compatibilidade de agrotóxicos com os ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae). **BioAssay**, v. 3, n. 3, p. 14, 2008.

POLETTI, M.; KONNO, R. H.; SATO, M. E.; OMOTO, C. Controle Biológico aplicado do ácaro rajado em cultivo protegido: viabilidade no emprego dos ácaros predadores. In: PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. (Org.). **Controle biológico de pragas: na prática**. Piracicaba: Fealq, 2006. p. 193-203.

RISK management decision document: for policy regarding: *Duponchelia fovealis* Zeller in Canada. [Gainesville: Canadian Food Inspection Agency: University of Florida: IFAS Pest Alert, 2005]. Disponível em: <[http://entomology.ifas.ufl.edu/pestalert/duponchelia\\_fovealis\\_risk\\_management.pdf](http://entomology.ifas.ufl.edu/pestalert/duponchelia_fovealis_risk_management.pdf)>. Acesso em: 2 fev. 2012.

RONDON, S. I.; CANTCLIFFE, D. J. *Chaetosiphon fragaefolii* (Homoptera: Aphididae): a potential new pest in Florida. **Florida Entomologist**, v. 87, n. 4, p. 611-615, 2004.

RONDON, S. I.; CANTCLIFFE, D. J.; PRICE, J. F. Population dynamics of the cotton aphid, *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae), on strawberries grown under protected structure. **Florida Entomologist**, v. 88, n. 2, p. 152-158, 2005.

RONDON, S. I.; PRICE, J. F.; CANTCLIFFE, D. J. **Sap beetle (Coleoptera: Nitidulidae) management in strawberries**. Gainesville: University of Florida, 2011. 4 p.

RUBERSON, J. R.; SHEN, Y. J.; KRING, T. J. Photoperiod sensitivity and diapause in predator *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthracoridae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 93, p. 1123-1130, 2000.

SALLES, L. A. B.; WILLIAMS, R. N. **Broca do morango (*Lobiopa insularis*)**. Pelotas: EMBRAPA-UEPAE de Cascata, 1983. 10 p. (EMBRAPA-UEPAE de Cascata. Documentos, 17).

SALLES, L. A. Pragas do morangueiro. In: PEREIRA, D. P.; BANDEIRA, D. L.; QUINCOZES, E. da R. F. (Ed.). **Sistema de produção do morango**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Embrapa Clima Temperado. Sistema de produção, 5). Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap07.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

SATO, M. E.; RAGA, A.; MATIOLI, A. L.; SILVA, R. B. da. Controle biológico de *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) utilizando *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) em morangueiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACAROLOGIA, 1., 2006, Viçosa. **Resumos...** Viçosa, MG: [Ed. Universidade Federal de Viçosa], 2006. p. 180.

SATO, M. E.; SILVA, M. da; GONÇALVES, L. R.; SOUZA FILHO, M. F. de; RAGA, A. Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 3, p. 449-456, 2002.

SATO, M. E.; SILVA, M. Z. da; SILVA, R. B. da; SOUZA FILHO, M. F. de; RAGA, A. Management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberry fields with *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and acaricides. **Experimental and Applied Acarology**, v. 42, n. 2, p. 107-120, 2007.

SILVA, F. R.; VASCONCELOS, G. J. N.; GONDIM JUNIOR, M. G. C.; OLIVEIRA, J. V. Exigências térmicas e tabela de vida de fertilidade de *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 291-296, 2005.

SILVEIRA, L. C. P.; BUENO, V. H. P.; MENDES, S. M. Record of two species of *Orius* Wolff (Hemiptera, Anthocoridae) in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, p. 303-306, 2003.

SOLIS, M. A. **Key to selected Pyraloidea (Lepidoptera) larvae intercepted at U. S. ports of entry**: revision of Pyraloidea in "keys to some frequently intercepted lepidopterous larvae" by Weisman 1986. Lincoln: University of Nebraska, 2006. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/systementomologyusda/1/>>. Acesso em: 3 mar. 2010.

STATEWIDE INTEGRATED PEST MANAGEMENT PROGRAM. **UC pest management guidelines**: strawberry: western flower thrips. [Davis]: University of California, 2008. Disponível em: <<http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r734301211.html>>. Acesso em: 28 mar. 2012.

STOCKS, S. D.; HODGES, A. **European pepper moth or Southern European marsh pyralid *Duponchelia fovealis* (Zeller)**. Gainesville: University of Flórida, 2011. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/IN/IN91000.pdf>>. Acesso em: 1º jan. 2012.

THOMPSON, J. N. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 47, n. 1, p. 3-14, 1988.

TOL, R. W. H. M. van; BRUCK, D. J.; GRIEPINK, F. C.; KOGEL, W. J. de. Field attraction of the vine weevil *Otiorhynchus sulcatus* to kairomones. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 1, p. 169-175, 2012.

VENZON, M.; ROSADO, M. C.; MOLINA-RUGAMA, A. J.; DUARTE, V. S.; DIAS, R.; PALLINI, A. Acaricidal efficacy of neem against *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae). **Crop Protection**, v. 27, n. 3-5, p. 869-872, 2008.

ZAWADNEAK, M. A. C. Conhecendo as pragas do morangueiro. In: JORNADA DE EXTENSÃO E CAPACITAÇÃO TÉCNICA DE PRODUTORES PIMO, 1., 2009, São José dos Pinhais. **Manejo integrado de pragas na produção integrada do morango**: apresentação... Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2009. Disponível em: <<http://people.ufpr.br/~pimo.parana/arquivos/zawadneak.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

ZAWADNEAK, M. A. C.; GONCALVES, R. B.; KUHN, T. M.; ARAÚJO, E.; DOLCI, E.; ROCHA, C. S.; SANTOS, B.; BENATTO, A.; VIDAL, H. R. Novo desafio. **Cultivar HF**, v. 8/9, p. 30-32, 2011.

ZHANG, Z.-Q. **Mites of greenhouses**: identification, biology and control. Wallingford: CABI, 2003. 244 p.

ZIMMERMANN, O. Use of *Trichogramma* wasps in Germany: present status of research and commercial application of egg parasitoids against lepidopterous pests for crop. **Gesunde Pflanzen**, v. 56, n. 6, p. 157-166, 2004.



CAPÍTULO

# 17

## Doenças causadas por fungos e bactérias

Bernardo Ueno  
Hélcio Costa



## Introdução

A cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duchesne) é muito difundida no Brasil, principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Espírito Santo e Goiás, além do Distrito Federal, em virtude da sua alta rentabilidade. A produtividade e a qualidade do morango são influenciadas pelo fotoperíodo, pela temperatura, pelo período de dormência, por pragas e doenças, por condições do solo, pela adubação, por flutuações na umidade do ar e do solo, entre outros fatores (UENO, 2004). Consequentemente, cultivares de morangueiro diferem muito entre si, a depender da sua adaptação às condições regionais e ambientais. É por esse motivo que uma cultivar que se desenvolve satisfatoriamente em uma região não apresenta o mesmo desempenho em outro local com condições ambientais diferentes.

Entre os fatores acima citados, doenças causadas por fitopatógenos – como fungos, bactérias, fitoplasmas, vírus, viroides e nematoides – afetam direta e indiretamente a cultura, podendo determinar o sucesso ou o fracasso do produtor de morango. Fatores ambientais, genéticos e biológicos afetam, diretamente ou por suas interações, a sanidade da planta. Para o desenvolvimento da doença são necessárias as seguintes condições: presença de um patógeno capaz de infectar a planta de morango, cultivar de morango suscetível ao patógeno e condições ambientais que favoreçam a multiplicação e a disseminação do patógeno (AGRIOS, 2005). Entretanto, deve-se lembrar que o fator humano é, muitas vezes, o principal responsável pelo surgimento do surto de uma doença em determinada região. Isso se deve ao fato de que o homem é capaz de criar todas as condições necessárias para o desenvolvimento da doença, seja pela introdução direta do patógeno, seja pela indireta, por intermédio de material propagativo, pelo uso de cultivares muito suscetíveis, por condições de cultivo altamente favoráveis à ocorrência de doenças, pela não destruição de restos de cultura que servirão de fonte de inóculo para o próximo ciclo da cultura, entre outros. A rapidez da disseminação de novas doenças é devida à facilidade atual de trânsito de material vegetal, que muitas vezes está infectado por algum patógeno, entre regiões, possibilitando que um patógeno se locomova por milhares de quilômetros num curto espaço de tempo.

Segundo lista feita por Gubler e Converse (1993), citam-se 51 fungos, 3 bactérias, 26 vírus e similares, e 8 nematoides como agentes causais de importantes doenças que ocorrem no morangueiro. Levantamento realizado sobre dificuldades e desafios enfrentados por agricultores familiares na produção de morango no Distrito Federal, em 2009,

indicou que a incidência de pragas e doenças, por ordem de importância, é a principal dificuldade enfrentada pelos produtores (HENZ, 2010). Muitas dessas doenças causam sérias perdas na cultura, fazendo com que, em algumas situações e em certas regiões do Brasil, ocorra um gasto estimado de 30 a 40 aplicações de fungicidas, perfazendo um total de 35 kg a 45 kg do produto comercial por hectare (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). Em virtude dessa alta dependência de agrotóxicos de parte da cultura do morangueiro, segundo Zambolim e Costa (2006), os frutos podem apresentar alto índice de resíduos de agroquímicos, que colocam em risco a saúde dos consumidores, além de desequilibrar o meio ambiente. Além disso, aqueles autores descrevem que, quando os agroquímicos são empregados isoladamente ou em misturas sem registro, em excesso e sem nenhum critério, podem, com isso, reduzir a população dos inimigos naturais das pragas, de insetos polinizadores e de microrganismos benéficos do rizoplasma e do filoplasma, além de colocar em risco a saúde do homem, deixar resíduos no solo acima dos limites permitidos e concorrer com a agressão ao meio ambiente.

Considerando que o morangueiro é suscetível a muitas doenças e que as condições de clima nas principais regiões produtoras são favoráveis ao desenvolvimento da maioria dos patógenos mais importantes, é fundamental conhecer essas doenças para que se possam adotar medidas de manejo adequadas para o seu controle. O sucesso do controle fitossanitário das doenças de morangueiro depende do diagnóstico rápido e correto do agente causal (UENO, 2004). Para isso, é importante o reconhecimento dos sintomas das principais doenças que ocorrem na cultura do morango. Quando surgirem dúvidas quanto aos sintomas observados no campo e dificuldades na sua identificação, é importante consultar um técnico especializado no assunto, ou, então, se não for possível, enviar o material contaminado para um laboratório especializado em diagnóstico de doenças em plantas. É preciso que o produtor de morango sempre faça um monitoramento contínuo da lavoura, pois isso facilitará a detecção precoce de qualquer anormalidade no morangueiro. Assim, poderá tomar as medidas adequadas de controle da doença.

Para identificar as doenças do morangueiro, sugerem-se várias publicações sobre o assunto, escritas por especialistas das principais regiões produtoras. Entre eles, citam-se: Rebelo e Balardin (1997), de Santa Catarina; Ronque (1998), do Paraná; Fortes e Couto (2003), do Rio Grande do Sul; Tanaka et al. (2000, 2005), de São Paulo; Zambolim e Costa (2006) e Dias et al. (2007), do Espírito Santo e de Minas Gerais, respectivamente. No exterior, destacam-se o *Compendium of strawberry diseases*, da American Phytopathological Society (APS) (MASS, 1998); Handley e Pritts (1998), dos EUA; e Giménez et al. (2003), do Uruguai. Muitas das informações descritas neste capítulo têm como origem as publicações citadas.



Aqui serão descritas as principais doenças que ocorrem no Brasil, bem como as táticas para seu manejo. Estão agrupadas, em alguns casos, de acordo com o órgão da planta infectado, para facilitar a compreensão e as recomendações de manejo.

## Principais doenças de folhas, pecíolos, estolhões e flores

### Mancha-angular (*Xanthomonas fragariae*)

A mancha-angular é causada pela bactéria *Xanthomonas fragariae* Kennedy & King. Essa doença vem ocorrendo com alta incidência em algumas áreas do Brasil. Em 2006, por exemplo, foram identificadas em diversas lavouras do sul de Minas Gerais, onde ocasionou sérios danos. O surgimento de epidemias da doença está ligado à origem da muda, que vem contaminada pela bactéria, pois sempre há relatos de surgimento de novos surtos em algumas localidades (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). A título de exemplo, cita-se o caso do Estado do Espírito Santo, onde a doença foi introduzida em 2003, em mudas infectadas provenientes de Minas Gerais e, ainda nesse mesmo ano, foi erradicada (COSTA; VENTURA, 2004a, 2004b). Entretanto, essa bactéria voltaria a ser detectada em uma lavoura daquele estado, em 2006, no Município de Castelo, na região do Forno Grande, em mudas provenientes da Argentina, sendo a lavoura totalmente erradicada. Mesmo com o trabalho de vigilância fitossanitária, detecção e erradicação, feito pelo Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (Idaf), a doença foi constatada nos anos de 2009 e 2011. Ademais, a doença tem se manifestado em outras regiões produtoras de morango no Brasil.

Os sintomas típicos de mancha-angular surgem, inicialmente, na forma de pequenas pontuações, de aspecto encharcado, na superfície inferior das folhas, que depois se ampliam, adquirindo o formato angular, geralmente delimitado pelas nervuras da folha. As lesões são translúcidas quando vistas com luz transmitida, mas são verde-escuras quando vistas com luz refletida (Figura 1). Em condições úmidas, nessas lesões, muitas vezes, é possível observar a exsudação bacteriana, que depois seca e forma uma película esbranquiçada. As lesões posteriormente tornam-se necróticas, com coloração castanho-avermelhada, e podem coalescer, cobrindo grande parte da folha. Um halo clorótico pode circundar a lesão. Na fase final da lesão, os sintomas podem ser confundidos com outros, próprios de manchas foliares causadas por *Mycosphaerella fragariae* e *Diplocarpon earliana*.

A mancha-angular pode ocorrer também no cálice e, em algumas situações, pode se tornar sistêmica, invadindo o sistema vascular.

Foto: Bernardo Ueno



Foto: Hélcio Costa

**Figura 1.** Sintomas da mancha-angular (*Xanthomonas fragariae*) em folhas de morangueiro.

A bactéria sobrevive em restos de cultura (morangueiro) e em plantas infectadas sistemicamente, sendo muito resistente à dessecação e a outras condições adversas, podendo, assim, sobreviver por longos períodos em folhas secas ou em folhas infectadas, enterrada no solo, mas não sobrevive na forma livre no solo (MAAS, 1998). Portanto, a fonte de inóculo primária são os restos de cultura ou mudas infectadas por *X. fragariae*. Exsudatos de bactérias oriundos de lesões servem como fonte de inóculo secundário. As bactérias são disseminadas para as folhas por meio de respingos de água, da chuva ou da irrigação por aspersão, e também por operações de colheita. Segundo Maas (1998), as seguintes condições favorecem o início e o desenvolvimento da doença: temperatura moderada durante o dia ( $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ), temperaturas baixas durante a noite (perto ou abaixo de zero) e umidade relativa alta; períodos longos de precipitação ou irrigação por aspersão; e folhas novas e/ou com excesso de vigor.

## Mancha de *Mycosphaerella* (*Mycosphaerella fragariae*)

A mancha de *Mycosphaerella*, causada pelo fungo *Mycosphaerella fragariae* (Tul.) Lindau (anamorfo: *Ramularia brunnea* Peck, syn. *R. tulasnei* Sacc), é considerada a principal doença foliar do morangueiro no Brasil. A doença ocorre com maior intensidade na fase

inicial, após o transplantio no campo e no final do cultivo (Tabela 1). Quando as temperaturas estão elevadas, danos superiores a 30% podem ocorrer, inclusive na fase de produção de mudas (viveiros). A redução da área fotossintetizante provocada pelas manchas pode ser responsável por perdas da ordem de 10% a 100%, dependendo da suscetibilidade da variedade e das condições ambientais (TANAKA et al., 2005). Em virtude da sua importância histórica no País, a maioria dos fungicidas registrados para o morangueiro faz recomendação de controle da mancha de *Mycosphaerella* (AGROFIT, 2016).

Os sintomas mais evidentes da mancha foliar são lesões nas folhas; no entanto, as lesões geralmente se desenvolvem em frutos, cálices, pedúnculos, pecíolos e estolhos. Lesões em folhas são inicialmente pequenas, cor púrpura-escuro, arredondadas ou irregulares (Figura 2). Depois, essas manchas ficam com diâmetro de 3 mm a 6 mm. Em folhas mais velhas, o centro da lesão muda de cor, de marrom para branco-acinzentada, e, finalmente, para branca. A borda em torno da lesão necrótica ganha cor púrpura-avermelhado a marrom-ferrugem. Essas lesões, quando em grande número, podem coalescer, ocupando grande parte do limbo foliar, e podem até causar a seca da folha. A expressão dos sintomas pode variar de acordo com a cultivar de morango (por exemplo, em algumas cultivares muito suscetíveis, o centro da lesão permanece com cor marrom-clara, em vez de se tornar branca) e com a temperatura (em clima quente e úmido, formam-se lesões de cor marrom-ferrugem, sem a borda púrpura-avermelhado e sem centro necrótico de cor clara, nas folhas jovens) (MAAS, 1998). A mancha de *Mycosphaerella* pode ser confundida com o sintoma inicial de lesão causada por *Phomopsis obscurans* e *Gnomonia comari*.

A disseminação de conídios do fungo ocorre por respingos de água (chuva ou irrigação). O fungo pode sobreviver na forma de conídios, em lesões de folhas vivas, esclerócios e ascósporos, que são formados em restos de cultura. A doença pode ocorrer durante todo o ciclo da cultura, pois os conídios são produzidos em uma faixa de temperatura que varia de 15 °C a 25 °C; entretanto, é na faixa de 20 °C a 25 °C que se verifica a sua maior incidência (DIAS et al., 2007). Elliott (1988), em condições artificiais de laboratório, mostrou que a temperatura ótima para a germinação de conídios de *M. fragariae* é de 22,4 °C, e que a umidade relativa necessária para que ocorra a germinação de conídios deve ser acima de 98%. Carrise et al. (2000) informaram que a temperatura ótima para a infecção de *M. fragariae* é de 25 °C, e que o tempo de molhamento foliar mínimo é de 12 horas. Os maiores danos ocorrem quando são empregados espaçamentos menores, irrigação por aspersão e adubação nitrogenada em excesso (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). No Brasil, nas regiões onde se adota o cultivo do morangueiro em túnel baixo,

**Tabela 1.** Etiologia, ciclo de relação patógeno-hospedeiro e manejo recomendado para as doenças do

Doença	Patógeno		
	Etiologia	Sobrevivência	Disseminação
<b>Fungos</b>			
Flor-preta	<i>Colletotrichum acutatum</i>	Restos culturais Hospedeiros alternativos	Mudas infectadas Respingos de chuva e irrigação
Mancha de <i>Mycosphaerella</i>	<i>Mycosphaerella fragariae</i>	Restos culturais	Mudas infectadas Respingos de chuva e irrigação Vento
Mancha de <i>Gnomonia</i>	<i>Gnomonia comari</i>	Restos culturais	Mudas infectadas Respingos de chuva e irrigação
Mancha de <i>Pestalotia</i>	<i>Pestalotia longisetula</i>	Restos culturais	Mudas infectadas Respingos de chuva e irrigação Vento
Mancha de <i>Dendrofoma</i>	<i>Phomopsis obscurans</i>	Restos culturais	Mudas infectadas Respingos de chuva e irrigação
Oídio	<i>Podosphaera aphanis</i> ( <i>Oidium</i> sp.)	Restos culturais	Mudas infectadas Vento

morangueiro. Incaper, Espírito Santo, 2011.

Condições favoráveis	Táticas de manejo
Temperatura de 19 °C a 23 °C Chuvas prolongadas e excesso de irrigação Excesso de nitrogênio Alta umidade relativa	Usar mudas sadias Fazer rotação de culturas (2 anos) Evitar irrigação por aspersão Cultivar em túneis Usar cultivares resistentes Usar fungicidas após monitoramento
Temperatura de 22 °C a 26 °C Alta umidade relativa Excesso de nitrogênio	Usar mudas sadias Usar cultivares resistentes Rotação de culturas (2 anos) Cultivo em túneis Fungicidas após monitoramento Evitar irrigação por aspersão
Temperatura de 20 °C a 25 °C Alta umidade relativa	Usar mudas sadias Usar cultivares resistentes Fazer rotação de culturas (2 anos) Usar fungicidas após monitoramento Evitar irrigação por aspersão
Temperatura de 21 °C a 25 °C Alta umidade relativa	Usar mudas sadias Usar cultivares resistentes Evitar irrigação por aspersão Evitar estresse nas plantas Usar fungicidas após monitoramento
Temperatura de 24 °C a 28 °C Alta umidade relativa Excesso de nitrogênio	Usar mudas sadias Fazer rotação de culturas (2 anos) Usar fungicidas após monitoramento Evitar irrigação por aspersão
Temperatura de 20 °C a 30 °C Baixa umidade relativa Baixa luminosidade Cultivo em túneis Cultivo estufas	Mudas sadias Fungicidas e/ou caldas após monitoramento Cultivares resistentes

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Doença	Patógeno		
	Etiologia	Sobrevivência	Disseminação
Mancha de <i>Diplocarpon</i>	<i>Diplocarpon earlianum</i>	Restos culturais	Mudas infectadas Respingos de chuva e irrigação
Murcha de <i>Verticillium</i>	<i>Verticillium dahliae</i>	Microescleródios Restos culturais (contaminados)	Implementos agrícolas Água de irrigação e chuva Mudas infectadas
Murcha de <i>Sclerotinia</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Escleródios Restos culturais Hospedeiros alternativos	Água de irrigação e chuva Implementos agrícolas Mudas infectadas
Murcha de <i>Sclerotium</i>	<i>Sclerotium rolfsii</i>	Escleródios Restos culturais Hospedeiros alternativos	Água de irrigação e chuva Implementos agrícolas Mudas infectadas
Murcha de <i>Phytophthora</i>	<i>Phytophthora cactorum</i>	Clamidósporos Oósporos Restos culturais	Água de irrigação e chuva Implementos agrícolas Mudas infectadas
Antracnose do rizoma	<i>Colletotrichum fragariae</i>	Restos culturais Hospedeiros alternativos	Mudas infectadas
Podridão das raízes	<i>Pythium</i> sp. <i>Fusarium</i> sp. <i>Phytophthora</i> sp. <i>Rhizoctonia</i> sp.	Oósporos Clamidósporos Escleródios Restos culturais	Água de irrigação e chuva Implementos agrícolas Mudas infectadas

Condições favoráveis	Táticas de manejo
Temperatura: 24 °C a 28 °C Alta umidade relativa Excesso de nitrogênio	Mudas saudas Rotação de culturas (2 anos) Fungicidas após monitoramento Evitar irrigação por aspersão
Temperatura: 21 °C a 24 °C pH do solo: 6,5 a 7,0 Estresse hídrico Solos com baixo teor de matéria orgânica	Mudas saudas Rotação de culturas (> 3 anos) com gramíneas (ex.: milho) Cultivares resistentes Solarização e biofumigação em reboleiras
Temperatura de 16 °C a 22 °C Alta umidade do solo Alta densidade de plantas Excesso de nitrogênio	Mudas saudas Rotação de culturas (milho, sorgo) <i>Roguing</i> das plantas infectadas
Temperatura de 20 °C a 24 °C Alta umidade do solo Excesso de nitrogênio Solos muito cultivados	Mudas saudas Rotação de culturas <i>Roguing</i> das plantas infectadas
Temperatura 16 °C a 22 °C Alta umidade do solo Solos compactados Excesso de nitrogênio Canteiros baixos	Mudas saudas Rotação de culturas Canteiros altos e com declividade <i>Roguing</i> das plantas infectadas Evitar solos muito argilosos
Temperatura de 21 °C a 27 °C Excesso de irrigação Excesso de nitrogênio	Mudas saudas Rotação de culturas (> 2 anos) Evitar irrigação por aspersão Cultivares resistentes
Temperatura variável, a depender do fungo Alta umidade do solo Solos compactados Excesso de nitrogênio Estresse hídrico e canteiros baixos	Mudas saudas Rotação de culturas (2 anos) Evitar solos muito compactados Evitar estresse nas mudas no momento do transporte

Continua...



**Tabela 1.** Continuação.

Doença	Patógeno		
	Etiologia	Sobrevivência	Disseminação
Podridão dos frutos	<i>P. nicotiana</i> e	Clamidósporos	Água de irrigação e chuva (respingos)
	<i>P. idaei</i>	Oósporos	Mudas infectadas
	<i>Botrytis cinerea</i>	Escleródios	Recipientes de colheita
	<i>Colletotrichum</i> spp.	Restos culturais	
	<i>Rhizopus stolonifer</i>	Hospedeiros alternativos	
	<i>S. sclerotiorum</i>		
	<i>Pestalotia longisetula</i>		
	<i>Rhizoctonia</i> sp.		
	<i>Geotrichum</i> sp.		
	<i>Gnomonia comari</i>		
	<i>Pilidium concavum</i>		
<b>Bactéria</b>			
Mancha-angular	<i>Xanthomonas fragariae</i>	Restos culturais	Mudas infectadas Respingos de chuva e irrigação
<b>Fitoplasma</b>			
Fitoplasma	Grupos: 16 Srl e 16SrIII	Mudas Hospedeiros alternativos	Cigarrinhas
<b>Nematoides</b>			
Nematoides	<i>Meloidogyne</i> sp.	Solo	Mudas doentes
	<i>Pratylenchus</i> sp.	Mudas	Água de irrigação e chuva
	<i>Aphelenchoides</i> sp.	Hospedeiros alternativos	Implementos agrícolas
<b>Vírus</b>			
Viroses	Diversos vírus	Mudas Hospedeiros alternativos	Mudas infectadas Afídeos (pulgões)

Condições favoráveis	Táticas de manejo
Temperatura variável, a depender do fungo Ferimentos nos frutos Alta umidade relativa Excesso de nitrogênio Excesso de plantas nos canteiros Frutos muito maduros Tipo de embalagem Armazenamento em locais de altas temperaturas	Rotação de culturas Adubação equilibrada (K, Ca) Irrigação por gotejamento Remoção de folhas e frutos doentes Limpeza dos canteiros Cobertura morta nos carreadores Limpeza diária do material utilizado na colheita Evitar colher frutos muito maduros Resfriamento rápido dos frutos Evitar ferimentos nos frutos e colher pela manhã ou à tardinha Evitar espaçamentos pequenos entre as plantas/maior arejamento à cultura Cultivo em túneis Controle biológico
Temperatura de 18 °C a 22 °C Alta umidade relativa Excesso de nitrogênio	Mudas saudas Rotação de culturas (2 anos) Evitar irrigação por aspersão Cultivo em túneis
Temperaturas mais altas	Mudas saudas e indexadas <i>Roguing</i> imediato das plantas infectadas
Temperatura variável, a depender do nematoide Solos arenosos	Mudas saudas Rotação de culturas Uso de plantas antagonicas (ex.: crotalária, mucuna, tagetes) Solarização e matéria orgânica Alqueive Cultivares resistentes
Temperatura variável, a depender do vírus envolvido	Mudas saudas e indexadas <i>Roguing</i> imediato das plantas infectadas

Foto: Bernardo Ueno



Foto: Bernardo Ueno



Foto: Bernardo Ueno



Foto: Hélcio Costa



**Figura 2.** Sintomas de mancha de *Mycosphaerella* (*Mycosphaerella fragariae*) em folhas e pedúnculo de morangueiro.

com cobertura plástica (cultivo protegido), a ocorrência de mancha de *Mycosphaerella* tem sido muito baixa nos últimos anos, fato esse também observado no Uruguai, por Giménez et al. (2003). As cultivares de dias neutros Diamante, Aromas e San Andreas vêm apresentando, em experimentos conduzidos no Estado do Espírito Santo, alta severidade da doença, bem como a cultivar Dover, principalmente em cultivos orgânicos (COSTA et al., 2011).

## Mancha de *Dendrofoma* (*Phomopsis obscurans*)

A doença é causada pelo fungo *Phomopsis obscurans* (Ellis & Everh.) Sutton [syn. *Dendrophoma obscurans* (Ellis & Everh.) H. W. Anderson]. Ela ocorre em todas as regiões que cultivam morangueiro. Além de causar danos em folhas, pecíolos e estolhos, pode causar

podridão de frutos. Basicamente ataca as folhas mais velhas no final do ciclo (início do verão) do morangueiro de inverno.

Os sintomas da doença começam com pintas circulares, de cor vermelho-púrpura, nos folíolos, e são difíceis de distinguir de outras manchas foliares (Figura 3). Depois, as manchas aumentam de tamanho, ficando cinza no centro e com a borda arroxeadada, o que não permite diferenciar essa doença da mancha de *Mycosphaerella*. Manchas próximas das nervuras são mais elípticas. Com o crescimento das manchas entre as nervuras principais, formam-se manchas grandes em forma de V. As manchas maiores mostram três zonas bem distintas: o centro, com coloração marrom-escura; a região intermediária, de cor marrom-clara; e a borda, púrpura ou arroxeadada. No centro, formam-se picnídios escuros na face inferior da lesão, podendo haver formação de massa conidial, às vezes em forma de cirros, em condições de alta umidade (MAAS, 1998). Além de causar danos às folhas, o fungo pode

Foto: Bernardo Ueno



Foto: Hécio Costa



Foto: Hécio Costa



Foto: Hécio Costa



**Figura 3.** Sintomas de mancha de *Dendrofoma* (*Phomopsis obscurans*) em folhas de morangueiro.

provocar lesões em pecíolos, pedúnculos, estolhos, cálice e frutos, formando lesões deprimidas alongadas e escuras nos três primeiros órgãos.

O fungo sobrevive na forma de micélio ou picnídios em lesões de folhas velhas. Em áreas novas, o inóculo pode ser introduzido por mudas contaminadas. A infecção primária ocorre no início do ciclo de morangueiro, pela disseminação de conídios, por meio de respingos de água de chuva ou irrigação. Deve-se tomar mais cuidado no morangueiro na primavera, em folhas maduras, e, no período final de verão e outono, em cultivares de dia neutro, como Selva, Seascape e Aromas (GIMÉNEZ et al., 2003).

## Mancha de *Diplocarpon* (*Diplocarpon earlianum*)

A mancha de *Diplocarpon* é causada pelo fungo *Diplocarpon earlianum* (Ellis & Everh.) F. A. Wolf [anamorfo: *Marssonina fragariae* (Lib.) Kleb.]. Está amplamente distribuída no mundo. Essa doença pode causar perdas severas, dependendo de vários fatores epidemiológicos, como a susceptibilidade da cultivar, o tipo de sistema de cultivo e as condições climáticas da época. As lesões iniciais da doença podem ser confundidas com a mancha de *Mycosphaerella*.

Nas folhas, os sintomas são numerosas manchas pequenas, de forma irregular, com 1 mm a 5 mm de diâmetro, cor púrpura ou castanho-uniforme, em contraste com a mancha de *Mycosphaerella*, na qual o centro da lesão tem cor branca ou cinza-claro, e a borda é bem definida. As manchas coalescem de forma irregular quando eles são numerosos, e a superfície foliar tem cor púrpura a vermelho-brilhante. Conforme a doença progride, folhas afetadas ficam de cor castanha e secam; as margens enrolam-se para cima e assumem a aparência de uma folha queimada. Por essa razão, essa doença recebe o nome de “folha-queimada”. Outra característica dessa doença, que a diferencia da mancha de *Mycosphaerella*, é a formação de acérvulos escuros, com massa de conídios brilhantes, nas lesões na face superior; em folhas bem velhas, com manchas, pode haver a formação de apotécios na face superior. Além das folhas, o fungo pode causar lesões a pecíolos, pedúnculos, pedicelos, sépalas, pétalas, estames, pistilos e frutos. Sintomas de sépalas queimadas, que resultam em cálices secos, causam perdas no mercado, pelo aspecto visual dos frutos.

As folhas mortas, que foram infectadas no ciclo anterior, servem como fonte de inóculo primária. Os conídios produzidos em acérvulos são dispersos por respingos de água de chuva ou de irrigação. O período de molhamento mínimo para infecção varia de 5 horas



a 15 horas, dependendo da idade da folha e da temperatura (de 15 °C a 30 °C) (ZHENG; SUTTON, 1994). Folhas com 14 a 17 dias após a emergência são mais suscetíveis ao fungo. A formação de acérvulos ocorre de 10 a 25 dias após a infecção, quando as condições ambientais são favoráveis (MAAS, 1998). Nos cultivos de primavera e verão, com cultivares de dia neutro, como Selva, Seascape e Aromas, deve-se tomar mais cuidado, pois elas são suscetíveis ao fungo (GIMÉNEZ et al., 2003).

## Flor-preta (*Colletotrichum acutatum*)

A flor-preta ou antracnose é causada pelo fungo *Colletotrichum acutatum* J. H. Simmonds. A antracnose do morangueiro, causada por *C. acutatum*, foi descrita pela primeira vez na Austrália (SIMMONDS, 1965), mas foi a partir de 1983 que os relatos sobre os sérios danos da doença começaram a ser descritos, como o de Smith e Black (1986) nos EUA.

No Brasil, apesar de existirem relatos sobre a ocorrência de antracnose com sintomas de flor-preta (HENZ; REIFSCHNEIDER, 1990; IGARASHI, 1984), o agente causal só foi corretamente identificado em 1992, por Henz et al. (1992).

Essa doença é, atualmente, considerada a mais importante do morangueiro, pois pode causar danos muito severos nas lavouras conduzidas em campo aberto, principalmente na região Sudeste, entre os meses de setembro e dezembro, em virtude da presença de chuvas constantes nesse período. No Estado do Espírito Santo, a doença foi observada pela primeira vez em 1994, em mudas infectadas provenientes de São Paulo (COSTA; VENTURA, 2006a). No Rio Grande do Sul, antes da adoção de cultivo sob túnel de lona plástica, essa era considerada a principal doença. Entretanto, com a mudança na tecnologia de produção, agora a doença só representa problema em cultivo aberto, mas, mesmo no sistema anterior, pelo fato de a irrigação ser por gotejamento, a doença não se dispersava facilmente. Além disso, nos últimos anos, as mudas usadas na região são praticamente todas importadas da Argentina ou do Chile, que são isentas do patógeno. Em muitas regiões onde ocorrem surtos dessa doença, ela está associada à introdução de mudas infectadas por *C. acutatum* (UENO, 1996). Entre alguns exemplos relatados no Brasil, além do Espírito Santo, citado acima, têm-se Paraná (UENO, 1996), São Paulo (DIAS, 1993) e Distrito Federal (HENZ et al., 1992).

O principal sintoma observado no morangueiro em condições de campo é a necrose progressiva dos pedúnculos e demais partes dos órgãos florais, culminando com a seca e a morte das flores (flor-preta) (Figura 4). Os frutos pequenos e em crescimento também podem ser atacados, adquirindo coloração escura e tornando-se mumificados (HENZ; REIFSCHNEIDER, 1990). Em condições de alta umidade e temperatura adequada, são observadas massas, de cor salmão ou alaranjada, de conídios do patógeno sobre as lesões (TANAKA et al., 1994). Além das lesões em flores e frutos, podem ocorrer lesões necróticas deprimidas, de cor castanho-escura, sobre pecíolos e estolhos, além de podridão de meristemas, necrose do rizoma e da raiz, que normalmente levam as plantas à morte em poucos dias ou algumas semanas depois do transplante das mudas no campo (FREEMAN; KATAN, 1997). Ocasionalmente, são observadas massas rosadas de esporos sobre o meristema morto. *C. acutatum* também pode causar manchas irregulares nas folhas, sendo comum em folhas novas. A necrose inicia-se pelas margens (HOWARD et al., 1992). No Brasil, a doença foi denominada de “mancha-irregular

Fotos: Bernardo Ueno



**Figura 4.** Sintomas de antracnose ou flor-preta (*Colletotrichum acutatum*) em flores e frutos de morangueiro.



da folha do morangueiro” (TANAKA et al., 1996a) (Figura 5). No morangueiro, *C. acutatum* é considerado um patógeno primariamente necrotrófico, pois causa lesões necróticas nos diferentes órgãos da planta que ele ataca (PERES et al., 2005).

Segundo Howard et al. (1992), a infecção de folhas por outros fungos (*C. gloeosporioides* e *C. fragariae*) causadores de antracnose em morangueiro, diferentemente de *C. acutatum*, resulta em mancha circular oleosa, de cor escura, denominada mancha preta (Figura 5C e 5D).

A ocorrência da flor-preta na cultura do morangueiro é favorecida por temperaturas entre 25 °C e 30 °C e por alta umidade (TANAKA et al., 1994). Períodos chuvosos de 2 dias ou mais são extremamente favoráveis ao rápido desenvolvimento da doença, principalmente em cultivares suscetíveis (HOWARD et al., 1992). Em frutos imaturos, temperatura em torno



Fotos: Bernardo Ueno

**Figura 5.** Sintomas de antracnose: mancha irregular da folha (*Colletotrichum acutatum*) (A e B); mancha preta da folha (*Colletotrichum fragariae*) (C e D).

de 25 °C e 13 horas de umidade contínua são condições suficientes para causar infecção em mais de 80% dos morangos (WILSON et al., 1990).

O inóculo primário de *C. acutatum*, em área sem histórico de ocorrência da antracnose, é proveniente de mudas contaminadas pelo patógeno (HOWARD et al., 1992). Muitas vezes é difícil a detecção da presença de plantas infectadas no viveiro, pois frequentemente as plantas não apresentam sintomas. Apesar de as plantas estarem com infecção latente, os sintomas de antracnose somente aparecem quando ocorrem condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença (SIMPSON et al., 1994). Nas áreas onde já ocorreu a doença, a fonte de inóculo primário pode ser o próprio solo ou restos de cultura, pois o patógeno pode sobreviver por mais de 9 meses nesses locais (EASTBURN; GUBLER, 1990). Em frutos infectados ou mumificados, o patógeno consegue sobreviver por mais de 2 anos (WILSON et al., 1992). Com o desenvolvimento da doença, pecíolos, estolhos e folhas infectados servirão de fonte de inóculo para outras partes da planta, como flores e frutos. Ensaios feitos por Leandro et al. (2003) mostraram que conídios de isolados de *C. acutatum* oriundos de morango podem germinar, formar apressórios e multiplicar-se sobre os folíolos, na temperatura de 25 °C e com molhamento foliar contínuo de 12 horas, além de conseguirem sobreviver em folhas assintomáticas de morangueiro por 8 semanas.

Segundo Freeman (2008), *C. acutatum* de morango pode sobreviver em várias espécies de plantas cultivadas, como pimenta, tomate, berinjela, feijão e espécies de plantas daninhas, sem causar sintomas da doença, indicando que eles podem servir como reservatório de inóculo potencial de infecção entre os ciclos de cultivo do morangueiro. Além dos citados acima, outros hospedeiros alternativos são citados, como: *Carica papaya*, *Juglans regia*, *Malus silvestris*, *Solanum tuberosum*, *Coffea arabica*, *Zinia* spp., *Citrus* sp., *Hevea* spp., *Cornus florida*, *Salvinia molesta* e *Anemone* sp. (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). Silva (2008) percebeu em ensaios de inoculação cruzada com *C. acutatum* isolados de morango em frutos de pimenta, verdes e maduros, pimentão-verde, maçã, pêssago e mamão, que eles reproduziram lesões e esporulações similares aos dos isolados do hospedeiro específico para alguns dos isolados testados. Portanto, a presença dos hospedeiros acima citados deve ser considerada no momento da escolha da área de plantio e, com mais rigor, na instalação de viveiros comerciais.

A disseminação do patógeno pode ser rápida quando não é feito um controle efetivo da doença por meio da aplicação preventiva de fungicidas e da remoção de folhas, flores e frutos doentes, visando reduzir o potencial de inóculo dentro da cultura (HOWARD et al., 1992). Respingos de chuvas são muito eficientes na dispersão de esporos de *C. acutatum*

por meio de órgãos infectados da planta dentro da cultura do morangueiro (YANG et al., 1990). Dessa forma, o sistema de irrigação por aspersão favorece a disseminação do patógeno dentro da cultura, pois tem o mesmo efeito de uma chuva. A doença espalha-se mais rapidamente em cultivos com sistema de irrigação por aspersão e cobertura plástica do que em áreas com irrigação por gotejamento e cobertura com palha vegetal seca (SMITH, 2008). No Brasil, um ensaio feito por Coelho et al. (2008) mostrou que a adoção de sistemas de irrigação localizada e o uso de palha de pinus e de uma cultivar parcialmente resistente reduziram significativamente os níveis da doença no campo.

## Oídio (*Podosphaera aphanis*)

O oídio, causado pelo fungo *Podosphaera aphanis* (Wallr.) U. Braun and S. Takam [syn. *Sphaerotheca macularis* (Wallr.: Fr.) Jacz. f. sp. *fragariae* Peries], é uma doença que vem ganhando importância no Brasil, com intensidade variável entre os estados produtores, em virtude da utilização de cultivo protegido e cultivares que apresentam comportamento diferenciado em relação a essa doença. No Estado do Espírito Santo, a doença foi observada pela primeira vez em 2004, em um viveiro de mudas cultivadas em estufas (COSTA; VENTURA, 2006a). No Rio Grande do Sul, além do fato de existirem muitos plantios de morangueiro em cultivo protegido, nos últimos anos aumentou o uso de cultivares de dia neutro para a produção no verão, o que também tem contribuído para o aumento da doença, pois, na região, esse período é mais seco, o que acaba favorecendo o desenvolvimento da doença.

A doença pode ocorrer em folhas, flores e também em frutos (Figura 6), causando perdas na produção. Infecções severas em folhas causam danos foliares, redução na taxa de fotossíntese, necrose e até mesmo desfolha. Nas folhas, os sintomas são manchas brancas, formadas por micélios e esporos, de aspecto pulverulento, na face inferior das folhas. As manchas aumentam e coalescem até cobrirem toda a superfície inferior da folha. As bordas da folha enrolam-se para cima, expondo o crescimento micelial branco e pulverulento do fungo. Manchas de cor púrpura a avermelhada também podem ocorrer na superfície inferior das folhas. Pecíolos das folhas, pedúnculos de flores, flores e frutos também podem apresentar o crescimento pulverulento branco do fungo. Grande parte das estruturas do fungo permanece na parte exterior do tecido da planta infectada, mas ele introduz o haustório nas células da epiderme para obter nutrientes.

Fotos: Bernardo Ueno



**Figura 6.** Sintomas de oídio (*Podosphaera aphanis*) em folhas e frutos de morangueiro.

O fungo sobrevive em folhas velhas ou estolhos, sob a forma de micélio dormente, e, em algumas regiões, na forma de cleistotécios, que são formados no final do ciclo do morangueiro. A importância do cleistotécio, como fonte funcional de inóculo primário, foi demonstrada por Gadoury et al. (2010), que comprovaram a capacidade infectiva de ascósporos oriundos de cleistotécios da safra anterior. *P. aphanis* é favorecido por condições que propiciam alta umidade relativa, mas mantenham as folhas secas. Segundo Amsalem et al. (2006), condições de temperaturas entre 15 °C e 25 °C e com umidade relativa maior que 75% e menor que 98% favorecem a germinação de conídios e o alongamento do tubo germinativo, mas a alta intensidade de luz reduz a germinação de conídios e o crescimento das hifas. Entretanto, para a expansão da lesão, a temperatura ótima foi de 25 °C, independentemente da umidade relativa do ar (faixa de 32% a 100%) (MILLER et al., 2003). *P. aphanis* é um patógeno altamente especializado (parasita obrigatório), que mantém uma estreita associação com o hospedeiro; portanto, condições que favorecem o hospedeiro também beneficiam o patógeno.



Folhas e frutos no início do desenvolvimento são mais suscetíveis ao oídio. A resistência aumenta com o avanço da idade desses órgãos, sendo que folhas bem expandidas e frutos maduros não são infectados pelo fungo (CARISSE; BOUCHARD, 2010). Em condições de alta severidade da doença, os frutos também podem ser infectados, como se verificou nas cultivares Oso Grande e Albion, em algumas lavouras, principalmente nos períodos de baixa precipitação pluviométrica. Em algumas cultivares, como Milsei-Tudla, Seascape e Camino Real, verificaram-se lesões nas folhas, mas pouca esporulação característica do patógeno.

## Mancha de *Gnomonia* (*Gnomonia comari*)

A mancha de *Gnomonia* é causada pelo fungo *Gnomonia comari* [syns. *G. fragariae* Kleb. f. *fruticola* G. Arnaud e *G. fruticola* (G. Arnaud) J. Fall; anamorfo: *Zythia fragariae* Laibach]. Nos últimos anos, essa doença tem sido observada em morangueiro, nas cultivares Aromas e Camarosa, e com muita frequência nas principais regiões produtoras do Rio Grande do Sul (UENO et al., 2006; UENO, 2007). Na década de 1990, na região de Londrina, PR, *G. comari*, às vezes, era detectada em amostras de morangueiro com manchas foliares, mas nenhum estudo detalhado sobre o fungo foi realizado. No morangueiro, a ocorrência de *G. comari* é relatada em vários países da Europa, em alguns países da América (EUA, Canadá, Argentina, Chile e Venezuela), na Oceania e na Ásia, mas é considerada de importância secundária. Contudo, em condições ambientais favoráveis, pode causar perdas de até 70% na produção (CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL, 2008). A mancha de *Gnomonia* aparece com maior frequência em morangueiro no Rio Grande do Sul, principalmente quando há condições de alta umidade, e em lavouras cultivadas sem cobertura de túnel plástico.

Os sintomas ocorrem em várias partes da planta, causando, nas folhas, manchas de coloração parda, com centro mais claro e bordas mais escuras, de tamanho variável, podendo ocupar boa parte do limbo foliar. Às vezes, as lesões podem ter um centro bem mais claro, podendo essa doença ser confundida, no início, com a mancha de *Mycosphaerella*. Mas, diferentemente dessa, as manchas de *Gnomonia* são de maior tamanho. Nas lesões mais velhas, há formação de picnídios (corpo de frutificação do fungo), que são visíveis na forma de pontuações salientes, de coloração pardo-clara, sobre as manchas necróticas. As lesões mais velhas são bem semelhantes às da mancha de *Dendrofoma*, tendo até mesmo a formação de V invertido. Além da folha, o fungo pode causar lesões no pecíolo, no cálice e nos frutos (Figura 7). No pecíolo, a lesão pode ocorrer na base, causando necrose, que acaba provocando a murcha e a seca das folhas. Em estágios mais avançados, ocorre

Fotos: Bernardo Ueno



**Figura 7.** Sintomas de mancha de *Gnomonia* (*Gnomonia comari*) em folhas, pecíolos e frutos de morangueiro.

seca total do pecíolo e posterior formação de dois tipos de estruturas reprodutivas do fungo: picnídio globoso e peritécio com pescoço alongado, respectivamente, a fase assexuada e a sexuada de *G. comari*.

A disseminação de esporos de *G. comari* se dá por respingos de água durante as chuvas ou por irrigação por aspersão. Portanto, em períodos chuvosos, há maior incidência da doença, pois, além de a chuva facilitar a sua disseminação, a infecção causada pelo fungo é favorecida pelos estômatos e ferimentos da planta. A temperatura ótima para o desenvolvimento da doença é de 20 °C a 25 °C (CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL, 2008). Como esse fungo depende muito de condições de alta umidade e chuvas para a sua dispersão, a doença não se estabelece na ausência dessas condições ambientais. O fungo sobrevive em folhas velhas, na forma de ascocarpo ou conídios, que são a fonte primária de infecção.

## Mancha de *Pestalotia* (*Pestalotia longisetula*)

A mancha de *Pestalotia* em folhas de morangueiro, causada pelo fungo *Pestalotia longisetula* Guba (syn. *Pestalotiopsis longisetula*), foi relatada por Costa e Ventura (2006b) em alguns cultivares de morango em condições de campo, com baixa severidade, no município de Venda Nova do Imigrante, no Estado do Espírito Santo. Entretanto, segundo esses autores, em janeiro de 2004, o fungo foi observado em viveiros, causando desfolha das mudas da cultivar Camarosa. Em condições de cultivo no Estado do Espírito Santo, em campo, a cultivar Sweet Charlie vem apresentando maior severidade da doença (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). A doença foi também encontrada em lavouras no Estado de São Paulo (CAMILI et al., 2002). A mancha de *Pestalotia* vem ocorrendo com alta severidade em lavouras do Espírito Santo, nos últimos anos, com danos acentuados em viveiros, e em condições de campo onde sua maior incidência é verificada na fase inicial de cultivo. A doença também foi constatada em outros estados, como Minas Gerais, Paraná e Rio de Janeiro, e também no Distrito Federal.

As lesões nas folhas são de coloração castanho-escuro e há formação de corpo de frutificação (acérvulos) no centro da lesão (Figura 8). O fungo pode atacar pecíolos e estolhos, causar a morte das mudas logo após o seu transplante, além de poder atacar também os frutos (CAMILI et al., 2002; HOWARD; ALBREGTS, 1973). O fungo sobrevive em restos de cultura, e sua disseminação se dá por meio de água de chuva e/ou de irrigação por aspersão. A doença é favorecida por alta umidade e temperatura entre 20 °C e 24 °C (DIAS et al., 2007).

## Outras doenças

Além das doenças acima citadas, existem outras, de menor importância para o morangueiro, mas que, em algumas situações, requerem cuidados. No *Compêndio de doenças do morangueiro*, Maas (1998) descreve algumas dessas doenças: mancha-foliar-púrpura (*Mycosphaerella louisianae* Plakidas); mancha foliar de antracnose [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. in Penz. (teleomorfo: *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld. & H. Schrenk)]; mancha-foliar-irregular (*Colletotrichum acutatum* J. H. Simmonds); mancha foliar de *Septoria* [*Septoria fragariae* (Lib.) Desmaz. (syn. *Stagonospora fragariae* Briard & Har.)]; queima foliar de *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia solani* Kühn); mancha foliar preta de *Alternaria* [*Alternaria alternata* (Fr. :Fr.) Keissl. f. *fragariae* Dingley]; queima foliar de *Macrophomina* [*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich]; mancha foliar de *Cercospora*



Fotos: Hélio Costa



**Figura 8.** Mancha de *Pestalotia* (*Pestalotia longisetula*) em folhas e frutos de morangueiro.

(*Cercospora fragariae* Lobik e *C. vexans* C. Massal); podridão de *Sclerotium* (*Sclerotium rolfsii* Sacc.); podridão basal do pecíolo [*Phoma lycopersici* Cooke (syn. *Diplodina lycopersici* Holós), teleomorfo: *Didymella lycopersici* Kleb]; mancha foliar de *Hainesia* [*Hainesia lythri* (Desmaz.) Hohn]; mofo-musculaginoso [*Diachea leucopodia* (Bull.) Rostr. e *Physarum cinereum* (Batsch) Pers.] e ferrugem-foliar [*Frommeella duchesneae* (Arth.) Yohem, Cummins, & R. L. Gilbertson (syn. *Frommea obtusa* (F. Strauss) Arth.) e *Phragmidium fragariastrum* (DC.)].

## Principais doenças de frutos

### Mofo-cinzento (*Botrytis cinerea*)

O mofo-cinzento, causado pelo fungo *Botrytis cinerea* Pers. & Fr. [teleomorfo: *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel], é a doença mais importante que ocorre em frutos

de morangueiro no mundo. Sua ocorrência é mais comum na pós-colheita, mas pode aparecer no campo antes da colheita, principalmente quando a umidade é alta. A podridão pós-colheita causada pelo fungo é rápida e devastadora, inviabilizando os frutos para o mercado e o consumo (Figura 9). As perdas podem ser severas na colheita, no transporte e, também, durante a comercialização. A doença ataca principalmente frutos em fase de maturação ou maduros, mas pode ocorrer em flores ou frutos ainda verdes. Nas flores afetadas, as pétalas e os pedicelos ficam amarronzados; em casos mais severos, as inflorescências secam completamente. A podridão nos frutos é mais comum na região do cálice, em partes do fruto que estão em contato com outros frutos e com flores acometidas pelo mofo-cinza. A lesão é de cor marrom a marrom-clara. Em frutos verdes, a evolução da doença é lenta. Em frutos bem afetados, é comum a presença de uma massa micelial acinzentada (micélios, conidióforos e conídios de *B. cinerea*) na superfície dos tecidos apodrecidos. Diferentemente da podridão de *Rhizopus*, ela não é mole e não há extravasamento



Fotos: Bernardo Ueno

**Figura 9.** Mofo-cinza (*Botrytis cinerea*) em frutos de morangueiro.

de líquido do fruto; ademais, quando os frutos apodrecem por inteiro, ficam duros, secos e mumificados.

*B. cinerea* possui uma ampla gama de hospedeiros, não sendo específico do morangueiro. O fungo vive saprofiticamente na matéria orgânica do solo, onde sobrevive sob a forma de microescleródios e micélio dormente (MAAS, 1998; TANAKA et al., 2005). Segundo Maas (1998), grande parte do inóculo é oriundo de tecido morto do hospedeiro, pois *B. cinerea* infecta folhas jovens, permanece quiescente nas células epidérmicas até as folhas senescerem e, assim que os tecidos morrem, ele se desenvolve rapidamente, iniciando a esporulação.

As condições que favorecem o mofo-cinzeno são: excesso de fertilização nitrogenada, irrigação de cultura por aspersão, espaçamentos adensados, culturas onde não se pratica a catação manual de folhas velhas, secas e doentes, além de frutos doentes (COSTA et al., 2003). Segundo Handley e Pritts (1998), o fornecimento de nitrogênio extra na primavera (isto é, além do nitrogênio normalmente aplicado em renovação) aumenta o número de frutos infectados para cerca de 300% a 500%. Portanto, esse risco deve ser considerado quando for adotada essa prática. Temperaturas entre 15 °C e 25 °C (ótima de 20 °C) e alta umidade na fase de floração favorecem a doença (BULGER et al., 1987). As maiores perdas ocorrem depois de períodos de chuvas que antecedem a colheita (COSTA; VENTURA, 2006a).

A dispersão de conídios de *B. cinerea* no morangueiro ocorre principalmente pela água de chuva e de irrigação por aspersão. Uma vez colhidos, se houver um fruto doente no lote, a contaminação poderá se estender a todos os outros, apodrecendo-os (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). Portanto, por se tratar de uma doença que tem origem no campo, o processo de podridão pode continuar depois da colheita.

## Antracnose (*Colletotricum* spp.)

A antracnose em frutos pode ser causada por várias espécies de *Colletotricum*: *C. acutatum* J. H. Simmonds, *C. fragariae* A. N. Brooks, *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. in Penz. (teleomorfo: *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld. & H. Schrenk) e *C. dematium* (Pers.), sendo que a espécie mais comumente encontrada é *C. acutatum* (MAAS, 1998). Para mais detalhes sobre o fungo, consultar o item Flor-preta (*Colletotrichum acutatum*). Os sintomas causados pelas diferentes espécies em frutos são similares. A podridão de antracnose inicia-se com uma lesão de cor castanho-clara e manchas de aspecto encharcado em

frutos maduros, que rapidamente se desenvolvem para lesões arredondadas e firmes, de cor marrom-escura a preta ou castanha. Em condições úmidas, forma-se uma massa de conídios sobre o centro da lesão, de coloração salmão, rosada ou alaranjada. Posteriormente, as lesões permanecem firmes até atingirem o fruto inteiro, que pode secar e mumificar. Lesões em frutos verdes podem ser restritas a um único aquênio, que, por sua vez, fica preto e ligeiramente afundado. Conforme o fruto amadurece, uma lesão típica de antracnose desenvolve-se no aquênio e, depois, uma massa de conídios pode ser vista nesse local.

Frutos de morangueiro na fase de amadurecimento são muito suscetíveis à antracnose. O fungo se dissemina rapidamente na cultura de morango, na fase de frutificação, principalmente nas épocas chuvosas e de alta temperatura, durante a colheita, causando sérias perdas na produção. A antracnose se dissemina mais rapidamente em plantios de morangueiro que utilizam o sistema de irrigação por aspersão e a cobertura de canteiros com lona plástica do que em áreas que usam a irrigação por gotejamento e a cobertura com palha; consequentemente, nas áreas que adotam o primeiro sistema, a antracnose é bem mais severa (SMITH, 2008). Daí a razão de essa doença ter ganhado grandes dimensões nos últimos anos, período em que o uso de lonas plásticas para a cobertura de canteiros aumentou muito. Segundo Yang et al. (1990), a lona plástica usada para o *mulching* favorece muito a dispersão de esporos do fungo por respingos de água (irrigação ou chuva), aumentando a incidência de antracnose em frutos de morangueiro.

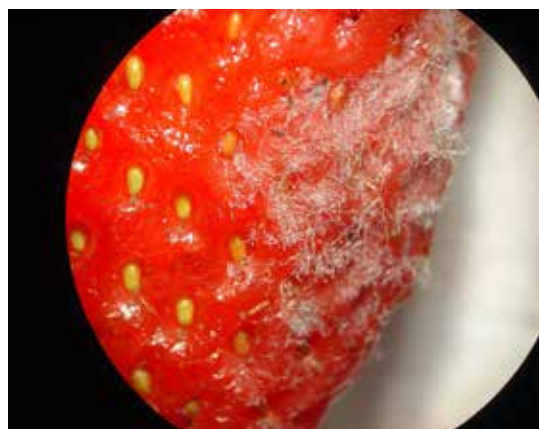
## Podridão de *Rhizopus* ou podridão-mole (*Rhizopus stolonifer*)

É a principal podridão pós-colheita do morango, mas também pode ocorrer em frutos maduros no campo. A doença ocorre em todo o mundo, mas sua importância tem sido minimizada pela adoção de métodos modernos de armazenamento e transporte (MAAS, 1998). Frutos afetados ficam ligeiramente descoloridos e depois ganham uma tonalidade castanho-clara, amolecem rapidamente e entram em colapso (podridão aquosa) (Figura 10). Em condições úmidas, o fruto é coberto com uma densa camada de micélio branco, a partir da qual são produzidos esporangióforos com esporângios arredondados, grandes e escuros.

O agente causal é o fungo *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr). Vuill. (syn. *R. nigricans* Ehrenb.), que causa doenças pós-colheita em várias fruteiras e hortaliças. A infecção ocorre somente por ferimentos, causados durante o manuseio da fruta. A disseminação de esporos



Fotos: Bernardo Ueno



**Figura 10.** Sintomas de podridão de *Rhizopus* ou podridão-mole (*Rhizopus stolonifer*) em frutos de morangueiro.

se dá pelo ar e por intermédio de insetos. Os frutos colhidos, mesmo sem apresentar sintomas, podem carregar, na sua superfície, estruturas do fungo, que constituem o inóculo, os quais, após a colheita, podem ser disseminados rapidamente, pelo contato com o suco que escorre dos frutos infectados para os sadios, dentro das embalagens (DIAS et al., 2007). Segundo Dias et al. (2007), a infecção do fungo pode ser observada no campo, principalmente quando os plantios são adensados e não se faz o desbaste das folhas. Esse fungo é um saprófita, que sobrevive em restos de cultura e no solo, além de formar estruturas de resistência (zigósporos). Temperaturas abaixo de 6 °C inibem a germinação de esporos e o desenvolvimento do fungo; e, se for abaixo de 8 °C a 10 °C, inibem a formação de esporângios (MAAS, 1998).

## Podridão de *Phytophthora* ou coriácea (*Phytophthora cactorum*)

A podridão de *Phytophthora* é causada pelo pseudofungo *Phytophthora cactorum* (Lebert & Cohn) J. Schröt. Essa doença manifesta-se esporadicamente, mas, quando ocorre,

as perdas podem ser consideráveis (Figura 11). Além da perda direta na produção, as frutas infectadas ficam com gosto e odor desagradáveis, e, portanto, perdem a qualidade. Como o sintoma dessa podridão é, no início, bem sutil, os frutos doentes podem ser colhidos junto com os sadios sem que o produtor se dê conta do problema. Posteriormente, quando as frutas forem comercializadas, é que o surgir reclamações por parte do consumidor, queixando-se do sabor ruim dos morangos (MAAS, 1998).

Foto: Hélcio Costa



Foto: Bernardo Ueno



Foto: Bernardo Ueno



Foto: Bernardo Ueno



**Figura 11.** Podridão de *Phytophthora* ou coriácea (*Phytophthora* spp.).

A doença pode ocorrer em frutos em qualquer estágio de desenvolvimento. Em frutos verdes, as lesões são marrom-escuras, mas podem ser verdes, com margem castanha. Com o avanço da podridão, a cor marrom espalha-se por toda a fruta, que, ademais, apresenta textura áspera e coriácea, características da doença. Em frutos maduros, a cor ou fica apagada ou muda pouco, ganhando tons que variam de marrom a roxo-escuro. Quando o fruto doente é seccionado, percebe-se que o tecido vascular de cada semente está visivelmente escuro. Em estágios mais avançados da podridão, os frutos maduros tendem a

se tornar duros e coriáceos. Ocasionalmente, sob condições de alta umidade, pode haver crescimento de uma fina camada de micélio branco na superfície do fruto infectado. Frutos verdes e maduros infectados com podridão eventualmente secam e formam múmias rígidas, escuras e enrugadas, sintomas que se confundem com os da flor-preta (TANAKA et al., 2005). O cheiro pungente, acentuado, e o forte sabor amargo, característicos das frutas com podridão, ajudam a diagnosticar a doença (HANDLEY; PRITTS, 1998).

O patógeno é disseminado para os frutos por contato direto com o solo encharcado ou por respingos de água que carregam os esporos. Condições de solo encharcado, por irrigação ou chuva em excesso, favorecem muito a doença, pois a formação de poças de água contribui para a formação e a disseminação de zoósporos na superfície do solo. Embora a presença de água livre seja condição para ocorrer a infecção, uma alta incidência da doença pode se dar com 2 horas ou menos de molhamento, e sob temperatura entre 17 °C e 25 °C (MAAS, 1998). Caso as condições meteorológicas permaneçam favoráveis ao patógeno, a incidência da podridão pode aumentar muito, em poucos dias. *P. cactorum* sobrevive na forma de oósporos no solo ou em frutos mumificados.

## Outras podridões de *Phytophthora* (*Phytophthora* spp.)

Os pseudofungos *Phytophthora idaei* D.M. Kenn e *P. nicotianae* Breda de Haan foram identificados no Estado do Espírito Santo, em 2004, nas cultivares Oso Grande e Milsei-Tudla, causando podridão de frutos, tanto no campo quanto na pós-colheita (LUZ et al., 2005). Na safra de 2006, a doença surgiu em maior número de lavouras, com incidência variável entre as cultivares Camarosa, Camino Real, Ventana, Aromas, Diamante e Seascape. Geralmente, os sintomas nos frutos são observados a partir do mês de setembro, com o início das chuvas, como observado em 2009, nas cultivares Oso Grande e Camarosa, com danos acentuados em algumas lavouras, notadamente naquelas onde os canteiros eram muitos baixos, os solos estavam compactados e a drenagem era deficiente.

## Podridão dura de *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia* spp.)

Essa doença é causada pelo fungo *Rhizoctonia* spp., mais comumente pela *R. solani* Kühn [teleomorfo: *Thanatephorus cucumeris* (A. B. Frank) Donk]. Mais detalhes sobre o fungo podem ser vistos no item Podridão da Coroa e dos Brotos (*Rhizoctonia solani*). A podridão dura de *Rhizoctonia* ocorre frequentemente em frutos verdes e maduros que



estão em contato com o solo. Os frutos afetados ganham tonalidade marrom e consistência dura. A doença raramente se manifesta em cultivos com cobertura de lonas (*mulching*). Os frutos começam a apodrecer no lado do fruto que está em contato com o solo, quando partículas do solo aderem à superfície da porção do fruto afetada.

## Podridão de *Gnomonia* ou peduncular (*Gnomonia comari*)

Essa doença é causada pelo fungo *Gnomonia comari* [syns. *G. fragariae* Kleb. f. *fruticola* G. Arnaud e *G. fruticola* (G. Arnaud) J. Fall; anamorfo: *Zythia fragariae* Laibach]. Para mais detalhes sobre o fungo, ver item Podridão da Coroa e dos Brotos (*Rhizoctonia solani*). Embora, em frutos, essa doença seja considerada secundária, pode causar danos consideráveis em algumas situações (MAAS, 1998). Os frutos afetados por essa doença podem facilitar a infecção de outros fungos (*B. cinerea* e *P. obscurans*). Essa doença ataca a região próxima ao pedúnculo do fruto, na região perto do cálice, que ganha uma coloração marrom. Partes do cálice e pedúnculos também podem ser infectadas, e as frutas, em todas as fases de maturação, podem ser afetadas. Peritécios de pescoço longo podem se formar nessas lesões. Quando os frutos verdes pequenos são infectados, formam-se lesões irregulares de cor marrom, e os frutos podem secar. Frutos verdes grandes, infectados, amadurecem prematuramente, ficando com cor vermelho-pálida e depois marrom. Em cultivo com lona plástica (*mulching*), a podridão ocorre no lado da fruta em contato com o plástico (UENO et al., 2006; UENO, 2007). A infecção em frutos pode ocorrer mesmo que não existam folhas com sintomas de mancha de *Gnomonia* no morangueiro.

A podridão de *Gnomonia* é favorecida em microclimas de alta umidade, como, por exemplo, em lavoura de morango com alta infestação de ervas daninhas, pois elas propiciam um ambiente úmido e sombreado, favorecendo a infecção por *G. comari* (MAAS, 1998). Chuvas frequentes ou irrigação por aspersão também podem contribuir para o desenvolvimento da doença. Esporos de *G. comari* não germinam nem penetram no tecido do hospedeiro sem ferimentos, a menos que a umidade seja alta.

## Oídio (*Podosphaera aphanis*)

O oídio é mais comum em folhas, mas, ocasionalmente, provoca danos em frutos, especialmente em cultivares suscetíveis. O agente causal é o fungo *Podosphaera aphanis*

(Wallr.) U. Braun and S. Takam [syn. *Sphaerotheca macularis* (Wallr.: Fr.) Jacz. f. sp. *fragariae* Peries]. Em geral, as perdas de rendimento atribuídas ao oídio resultam de infecções de flores e frutos. A vida útil pós-colheita de frutas acometidas pela doença é reduzida, as frutas são de baixa qualidade e tendem a desidratar-se rapidamente. Flores e frutos em todos os estágios de desenvolvimento são suscetíveis ao ataque do fungo. Flores infectadas podem sofrer deformações ou secar, além de terem baixa produção e baixa retenção de pólen, o que resulta em baixo pegamento de fruto. Frutos verdes infectados tornam-se duros e não amadurecem normalmente. Frutos maduros infectados ficam macios e suculentos. O oídio pode esporular na superfície de frutos, formando um micélio abundante, branco e pulverulento. Ver mais detalhes sobre a doença no item Oídio (*Podosphaera aphanis*).

## Outras podridões de frutos

Além dos patógenos acima citados, existem outros fungos que podem causar danos em frutos de morangueiro, que foram descritos por Mass (1998). Entre as doenças relacionadas a fungos estão: podridão mole de *Phomopsis* [*Phomopsis obscurans* (Ellis & Everh.) Sutton = *Dendrophoma obscurans* (Ellis & Everh.) H. W. Anderson], podridão marrom bronzeada [*Discohainesia oenotherae* (Cooke & Ellis) Nannf. (anamorfo: *Hainesia lythri* (Desmaz.) Hohn.), doença da semente preta [*Mycosphaerella fragariae* (Tul.) Lindau (anamorfo: *Ramularia brunnea* Peck), syn. *R. tulasnei*], podridão de *Pestalotia* (*Pestalotia longisetula* Guba), podridão de *Sclerotinia* [*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary], podridão de *Alternaria* [*Alternaria tenuissima* (Kunze:Fr.) Wiltshire], podridão de *Cladosporium* (*Cladosporium* spp.), podridão de *Mucor* (*Mucor* spp.), podridão de *Penicillium* (*Penicillium* spp.), podridão de *Aspergillus* (*Aspergillus* spp.), podridão dura de *Stagonospora* [*Stagonospora fragariae* Briard & Har. (syn. *Septoria fragariae* (Lib.) Desmaz.], entre outros de menor importância. Na safra de 2009, foi verificada a presença do fungo *Pilidium concavum*, que foi relatado pela primeira vez causando podridão em frutos de morango em condições de pós-colheita (LOPES et al., 2010).

## Principais doenças de rizoma e raiz

### Antracnose do rizoma (*Colletotrichum* spp.)

A antracnose do rizoma pode ser causada pelos fungos *Colletotrichum fragariae* A. N. Brooks, *C. acutatum* J. H. Simmonds e *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. in Penz.

[teleomorfo: *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld. & H. Schrenk]. Esses fungos atacam todas as partes da planta de morangueiro, causando sérios prejuízos à cultura. Das três espécies acima citadas, que causam antracnose do rizoma, *C. fragariae* é a encontrada mais frequentemente no Brasil (TANAKA; PASSOS, 1998). Nos Estados Unidos (Flórida) (UREÑA-PADILLA et al., 2002) e no Japão (ISHIKAWA, 2011), predomina *C. gloeosporioides*. O aparecimento de surtos de antracnose ocorre, principalmente, pelo uso de mudas contaminadas. A doença é conhecida como chocolate ou coração-vermelho, em virtude da podridão marrom-avermelhada, que ocorre na parte interna do rizoma (TANAKA; PASSOS, 2002). Ela está disseminada em todos os locais de cultivo, em virtude do uso de mudas contaminadas, e ocorre em plantas de qualquer idade (MAAS, 1998). Além disso, o plantio de mudas infectadas pelo fungo causa sérias perdas de plantas na época do transplante para o campo, reduzindo drasticamente o estande e a produção (TANAKA; PASSOS, 2002).

Os sintomas mais característicos são murcha repentina e seca progressiva. Fazendo-se um corte longitudinal do rizoma dessas plantas, pode-se visualizar uma podridão marrom-avermelhada e de consistência firme. O fungo pode afetar também pecíolos, estolhos e frutos (Figura 12). Nos estolhos e nos pecíolos, surgem manchas escuras e depressivas, com massa aérea, constituída de esporos. No viveiro de mudas de morangueiro, lesões nos estolhos, que resultam em estrangulamento, podem afetar plantas-filha ainda não enraizadas, causando a murcha e a morte delas (HOWARD et al., 1992). Nas folhas, os sintomas são manchas escuras, de cor cinza a preta, similares a uma mancha de tinta, arredondadas, de 0,5 mm a 1,5 mm, podendo chegar a 3 mm (HOWARD et al., 1992). No Brasil, Tanaka et al. (1996b) denominaram esse sintoma de mancha preta da folha.

Foto: Hércio Costa



Foto: Bernardo Ueno

**Figura 12.** Antracnose do rizoma ou chocolate (*Colletotrichum* spp.) em plantas de morangueiro.

A doença é favorecida por alta umidade e temperaturas elevadas; por isso, é mais severa na fase de produção de mudas e logo depois do transplante, pois coincide com os meses de verão e o início do outono (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). A antracnose do rizoma é mais severa em viveiros e em campo de produção de morangos durante períodos em que a temperatura diurna fica acima de 25 °C (MAAS, 1998). Mudas infectadas pelo fungo servem como fonte de inóculo inicial para lavouras de morangueiro. Os sintomas em mudas não são facilmente visualizados, daí a dificuldade na detecção da doença. Outras fontes de inóculo de *C. fragariae* podem vir de rizomas e restos culturais infectados que permanecem no solo. Vários ensaios têm mostrado que a sobrevivência de *C. fragariae* é curta, não representando, pois, problema no plantio do ano seguinte. Mesmo em áreas que estavam seriamente afetadas pela doença, o plantio com mudas sadias não resultou em novas plantas com antracnose (HOWARD et al., 1992). *C. fragariae* pode ter alguns hospedeiros, como: *Cassia obtusifolia* L.; *Duchesnea indica* (Anch.); *Fragaria virginiana* Duch.; *Lupinus angustifolius* L. e *Potentilla canadenses* L. (HOWARD et al., 1992; MAAS, 1998).

## Murcha de *Verticillium* (*Verticillium* spp.)

A murcha de *Verticillium* é causada pelo fungo *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berthier e *V. dahliae* Kleb. A mais comum em morangueiro é *V. dahliae*, cuja característica principal é a formação de estruturas de resistência, como clamidósporos e microescleródios (MAAS, 1998). No Brasil, entre os patógenos de solo, é o que tem causado maiores danos ao morangueiro. A doença é favorecida em solos mais alcalinos, comuns em algumas áreas, e também pelo curto intervalo de rotação de culturas feito no cultivo do morangueiro – geralmente um intervalo de 8 meses entre os cultivos. Além do mais, muitas vezes, a rotação é feita com plantas hospedeiras do fungo, principalmente solanáceas e algumas hortaliças. No Espírito Santo, por exemplo, a rotação é feita com o tomateiro, em que todas as cultivares são suscetíveis à raça 02 de *V. dahliae*, o que contribui muito para o aumento da densidade populacional desse patógeno no solo. Além disso, os trabalhos de levantamento sobre a ocorrência de murcha de *Verticillium* na região têm apontado maior prevalência do patógeno em solos com pH de solo entre 6,7 e 7,0. Durante esse trabalho, também foi detectada a presença da praga *Duponchelia fovealis* (lagarta – Lepidoptera) nos anos de 2009 e 2010, que muitas vezes estava causando erros de diagnóstico em virtude da semelhança de sintomas entre os dois problemas fitossanitários, quando a lagarta ataca internamente a coroa do morangueiro.

Os sintomas de murcha começam a ficar mais evidentes quando o morangueiro entra na fase de frutificação. A murcha aparece em reboleiras nas épocas mais quentes

do dia, começando pelas folhas mais velhas, que murcham, ficam com a borda queimada e depois secam rapidamente. As folhas de plantas afetadas também podem apresentar bronzeamento marginal ou internerval e lesões escuras e profundas no pecíolo. As plantas doentes desenvolvem-se menos do que as sadias, apresentando folhas internas raquíticas, mas que permanecem verdes e túrgidas até a planta morrer. Esse sintoma geralmente serve para distinguir a murcha de *Verticillium* de outras doenças de coroa e raiz, como, por exemplo, a murcha de *Phytophthora*, doença na qual os sintomas de murcha ocorrem tanto nas folhas velhas quanto nas novas. Os sintomas externos acima descritos decorrem do ataque do fungo ao sistema vascular (xilema). As raízes de plantas com sintomas iniciais da doença não apresentam necrose externa evidente, e nem sempre é possível observar necrose interna. A necrose do sistema vascular da coroa torna-se mais evidente em plantas em estágio mais avançado da doença (Figura 13).

O fungo sobrevive no tecido vascular das plantas infectadas, bloqueando o fluxo de água, causando, assim, a murcha e a morte das plantas. Estruturas de resistência do fungo

Foto: Hélcio Costa



Foto: Bernardo Ueno



Foto: Hélcio Costa



Foto: Bernardo Ueno



**Figura 13.** Murcha de *Verticillium* (*Verticillium* spp.) em plantas de morangueiro e detalhe do rizoma com escurecimento vascular.



(microescleródios) são produzidas nas plantas infectadas e liberadas no solo quando o tecido vegetal se decompõe (HANDLEY; PRITTS, 1998). Essas estruturas germinam quando elas entram em contato com as raízes de plantas hospedeiras, dando início a um novo ciclo de vida do fungo. A presença de plantas hospedeiras na área de cultivo concorre com o aumento progressivo da população do fungo ao longo dos anos. A intensidade da doença aumenta quando o morangueiro é cultivado em situações em que ocorre adubação nitrogenada excessiva, solos alcalinos, altas temperaturas, estresse hídrico e luminosidade excessiva (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). Na fase de frutificação, a doença torna-se mais severa.

A disseminação do fungo em áreas de cultivo pode ocorrer por mudas contaminadas de plantas hospedeiras e pela movimentação de solo contaminado com o patógeno. Determinadas plantas, como algodão, batata, quiabo, berinjela, pimentão, tomate, crisântemo e jiló, além de algumas plantas daninhas, são hospedeiras de *V. dahliae* (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). Alguns trabalhos têm mostrado que isolados de *V. dahliae* de morangueiro são menos agressivos para crucíferas (brócolis e couve-flor) e vice-versa (GORDON et al., 2006; SUBBARAO et al., 1995).

## Murcha de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*)

A murcha de *Fusarium*, também denominada de amarelecimento de *Fusarium*, causada pelo fungo vascular *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. f. sp. *fragariae* Winks & Williams, foi descrita pela primeira vez na Austrália, em 1965 (MAAS, 1998). Mais recentemente, Golzar et al. (2007) citaram uma alta incidência de necrose em rizoma de morangueiro causado por *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* na Austrália, com mortandade de até 60% nas cultivares de morangueiro Gaivota e Camarosa. Em alguns países asiáticos, como Japão, Coreia do Sul e China, é considerada uma doença muito importante (NAGARAJAN et al., 2006). *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* é um patógeno específico do morangueiro, pois, em testes de inoculação cruzada, não conseguiu causar sintomas em outras espécies de planta, como tomate, melancia, repolho e maracujá (GOLZAR et al., 2007; MAAS, 1998). Segundo Maas (1998), em materiais suscetíveis, pode causar perdas de mais de 50% na produção. Em levantamento de doenças de rizoma e raiz de morangueiro feito na Austrália, *F. oxysporum* foi o fungo predominante no rizoma, sendo detectado em 41,2% das amostras (FANG et al., 2011b).

A murcha de *Fusarium* em morangueiro é mais severa em condições de altas temperaturas, causando murcha e morte de plantas. Em condições de temperaturas amenas, ocorre a clorose (amarelecimento) das plantas, em vez da murcha. No início da doença, as folhas novas ficam cloróticas e enroladas, e a planta começa a perder o vigor. Uma descoloração marrom-avermelhada pode aparecer na parte interna do rizoma e o escurecimento dos vasos do xilema; depois, com o avanço da doença, o tecido da coroa pode necrosar. Pode haver formação de uma massa gelatinosa, de coloração branca ou rosa, de conídios sobre os tecidos infectados.

O fungo sobrevive na forma de clamidósporos no solo, por 4 a 5 anos, e a temperatura ótima para o seu desenvolvimento no solo é de 25 °C a 30 °C. Em ensaio feito por Fang et al. (2011a) com inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* em morangueiro, testando diferentes temperaturas (17 °C, 22 °C e 27 °C), o fungo foi mais virulento e causou sintomas severos na temperatura de 27 °C. Condições de cultivo sucessivo, solos com matéria orgânica não decomposta, pH baixo e com muita variação hídrica (seco e encharcado) favorecem a doença. Em virtude da transmissão do fungo da planta-matriz para a muda, pelo estolho, é comum a disseminação da doença pelo uso de mudas infectadas.

## Podridão de *Phytophthora* (*Phytophthora cactorum*)

A podridão de *Phytophthora*, também conhecida como podridão de rizoma ou colapso vascular, é causada pelo pseudofungo (oomiceto) *Phytophthora cactorum* (Lebert & Cohn) J. Schröt. Como ele causa murcha na planta, os sintomas podem ser confundidos com outras doenças que causam murchas no morangueiro. É uma doença comum em morangueiros cultivados em áreas úmidas, mal drenadas, em locais de baixada onde há acúmulo de água e em períodos de chuva abundante (GIMÉNEZ et al., 2003).

Os sintomas iniciais da doença começam com a murcha das folhas mais novas, nas horas mais quentes do dia. Essas folhas podem adquirir uma tonalidade verde-azulada. Em estágios mais avançados da doença, a murcha expande-se por toda a planta, que entra em colapso, seca e morre em poucos dias. Quando as plantas doentes são arrancadas, elas, muitas vezes, se quebram com facilidade na extremidade superior da coroa, deixando, no solo, a parte principal do rizoma e as raízes. Cortando a coroa longitudinalmente, pode-se visualizar a necrose interna. A descoloração intensa, de cor marrom, e a desintegração do tecido vascular do rizoma são características dessa doença. Às vezes, pode ocorrer colapso parcial da planta, dependendo do número de coroas afetadas. Em geral, a necrose da coroa



inicia-se pela parte superior e espalha-se para a base ou a partir do pedaço de estolho que ficou na muda. O tecido da coroa afetado fica, no início, com um aspecto encharcado e cor marrom-clara; mais tarde, ganha uma cor marrom-intensa, homogênea. O sistema radicular é afetado só depois que a parte aérea da planta morre. A doença pode atacar frutos (ver item Podridão de *Phytophthora* ou coriácea (*Phytophthora cactorum*)).

*P. cactorum* é um patógeno comumente encontrado no solo. Sobrevive em restos de cultura ou no solo, na forma de oósporos, a partir do qual produz zoósporos, que infectam o morangueiro, geralmente através de ferimentos presentes na planta. Isso pode ocorrer durante o transplante da muda. As portas de entrada são um pedaço de estolho e danos no rizoma (MAAS, 1998). Mudanças infectadas podem ser o meio de disseminação do patógeno a longas distâncias. O patógeno precisa de temperaturas amenas e molhamento prolongado para causar infecção. Temperaturas de 17 °C a 25 °C com condições de alta umidade (maiores do que 85%), chuvas, neblinas, irrigação excessiva por aspersão e encharcamento de solo favorecem o estabelecimento da doença no morangueiro (GIMÉNEZ et al., 2003).

## Podridão da coroa e dos brotos (*Rhizoctonia solani*)

A doença é causada pelo fungo *Rhizoctonia solani* Kühn [teleomorfo: *Thanatephorus cucumeris* (A. B. Frank) Donk]. Trata-se de uma doença que tem sido observada no Estado de São Paulo. Em viveiros, no verão (TANAKA et al., 1995), os sintomas são lesões arroxeadas ou avermelhadas nas brotações e nos pecíolos, que podem evoluir e atingir o rizoma, causando apodrecimento e morte da planta.

As plantas doentes são observadas em reboleiras e destacam-se das sadias pelo seu subdesenvolvimento e pelo declínio progressivo (TANAKA et al., 2005). Ocorre necrose da região apical da coroa, causando uma podridão seca, que acaba matando os primórdios foliares. Com a evolução dos sintomas, as plantas ficam subdesenvolvidas, as folhas mais velhas entram em colapso, várias gemas apicais se perdem, as coroas laterais ficam raquíticas, formam-se inúmeras brotações laterais, o que dá às touceiras um aspecto ramalhudo (MAAS, 1998). Os pecíolos e os estolhos exibem coloração arroxeada ou avermelhada quando estão infectados, com lesões necróticas deprimidas, de formato alongado; em consequência disso, as folhas periféricas assumem uma posição horizontal. Uma planta muito afetada pode apresentar necrose no rizoma e podridões radiculares, principalmente na região de inserção das raízes com o rizoma. Em estágios muito avançados da doença, ocorrem murcha, seca e morte das plantas.

A infecção é favorecida em condições de alta umidade, excesso de matéria orgânica e acúmulo de terra ao redor da coroa (TANAKA et al., 2005). Mudanças infectadas são responsáveis pela introdução do patógeno no campo. O inóculo do fungo pode originar-se também do solo e em restos culturais, onde o patógeno sobrevive por muitos anos, sob a forma de escleródios, na ausência de planta hospedeira. A infecção é favorecida por temperaturas entre 25 °C e 27 °C e por alta umidade do solo (ZAMBOLIM; COSTA, 2006).

## Podridão de *Sclerotinia* (*Sclerotinia sclerotiorum*)

A podridão de *Sclerotinia* é causada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, que causa sintomas de murcha e podridão no morangueiro. Essa doença é altamente destrutiva e, em algumas situações, ocasiona perdas elevadas, podendo ocorrer em condições de campo e em pós-colheita, onde se observa inicialmente um micélio de cor branca; com o desenvolvimento da doença, formam-se estruturas denominadas de escleródios, de cor negra e tamanho variável (COSTA; VENTURA, 2008). Ela é mais comum em áreas onde se planta o morango depois do cultivo de alface, feijão e repolho, culturas que, no Estado do Espírito Santo, são muito atacadas por essa doença (COSTA; VENTURA, 2008).

A ocorrência de podridão de *Sclerotinia* é mais comum em locais com alta umidade. A infecção de *S. sclerotiorum* inicia-se na coroa e nos tecidos próximo ao solo, atingindo, em seguida, o meristema apical, os pecíolos e os pedúnculos florais (Figura 14). Nos tecidos apodrecidos, é comum observar, inicialmente, a presença de micélio esbranquiçado e escleródios brancos, e negros, mais tarde (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). O fungo sobrevive no solo na forma de escleródios, que podem ser viáveis por, no mínimo, 3 anos, além de possuir uma ampla gama de hospedeiros (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). Condições de clima frio e úmido, alta umidade do solo, adubação nitrogenada em excesso e adensamento de plantas favorecem a doença. A rotação de morango com hortaliças, como tomateiro, crucíferas (repolho e couve-flor), feijão e alface, agrava a doença, pois tais culturas são hospedeiras do fungo (COSTA; VENTURA, 2008).

## Podridão do colo (*Sclerotium rolfsii*)

A podridão do colo é causada pelo fungo *Sclerotium rolfsii* Sacc. [syns. *Corticium rolfsii* Curzi e *Pellicularia rolfsii* (Curzi) West.; teleomorfo: *Athelia rolfsii* (Curzi) Tu & Kimbrough]. Essa doença, de ocorrência esporádica, tem sido observada em algumas lavouras no Estado do

Fotos: Hélio Costa



**Figura 14.** Podridão de *Sclerotinia* (*Sclerotinia sclerotiorum*) em plantas e frutos de morangueiro, com presença de escleródios escuros no material.

Espírito Santo, principalmente em solos muito compactados, excessivamente cultivados e com baixo teor de matéria orgânica (ZAMBOLIM; COSTA, 2006).

O fungo ataca qualquer parte da planta, principalmente em condições de alta umidade. Em plantas infectadas, verifica-se o crescimento de hifas sobre a superfície de pecíolos mais próximos ao solo, cobrindo a lesão com uma massa de micélio branca (KWON et al., 2004). Posteriormente, pode atacar e matar a gema apical do morangueiro. Nas lesões próximas ao solo, há uma formação intensa de micélio branco. Depois, o fungo produz numerosos escleródios arredondados e pequenos, de tamanho uniforme (1,0 mm a 2,4 mm) (KWON et al., 2004), similares a sementes de crucíferas, que, no início, são brancos e, depois, ficam marrom-escuros. Com o avanço do fungo na planta, ela pode murchar e morrer (Figura 15).

*S. rolfsii* é um fungo com ampla gama de hospedeiros, é habitante do solo e é encontrado em regiões úmidas (MAAS, 1998). Os escleródios são seu principal meio de disseminação e sobrevivência. A temperatura ótima para o crescimento micelial máximo e a formação de escleródios é de 30 °C (KWON et al., 2004).



Fotos: Hélio Costa



**Figura 15.** Podridão do colo (*Sclerotium rolfsii*) em plantas e frutos de morangueiro. Detalhe da presença de escleródios arredondados de cor marrom no material.

## Podridão de raízes

Diversos patógenos são descritos como causadores de podridão de raízes em morangueiro, como: *Phytophthora fragariae* C. J. Hickman var. *fragariae*, *P. citricola* Sawada, *P. cactorum* (Lebert & Cohn) J. Schrot, *P. nicotianae* Breda de Haan, *Rhizoctonia solani* Kühn [teleomorfo: *Thanatephorus cucumeris* (A. B. Frank) Donk], *R. fragariae* Husain & W. E. McKeen (teleomorfo: *Ceratobasidium* sp.), *Idriella lunata* P. E. Nelson & K. Wilh., *Pythium ultimum* Trow, *P. myriotylum* Drechs, *P. irregulare* Buisman, *P. perniciosum* Serbinow, *P. sylvaticum* W. A. Campbell & J. W. Hendrix, *P. dissotocum* Drechs., *P. hypogynum* Middleton, *P. rostratum* E. J. Butler, *P. acanthicum* Drechs, *Cylindrocarpon destructans* (Zinssmeister) Scholten, *Fusarium* spp. Esses fungos estão presentes na maioria das áreas onde se cultiva o morangueiro. A monocultura e o manejo inadequado podem selecionar e aumentar a população desses patógenos (TANAKA et al., 2005). Além dos fungos citados, o nematoide *Pratylenchus penetrans* pode ser associado à doença (ZAMBOLIM; COSTA, 2006).

Os sintomas observados na parte aérea são reflexos dos danos da podridão de raízes, podendo ser confundidos inicialmente com outras causas de origem abiótica (deficiência de água e nutrientes) ou biótica (fungos que atacam o rizoma, nematoide de raiz, insetos, entre outros), dificultando, assim, o diagnóstico correto e a adoção de medidas adequadas de controle. A doença ocorre em pequenas reboleiras e aumenta à medida que se fazem plantios sucessivos com morangueiro ou com outra planta hospedeira do patógeno causador da podridão de raiz. Os sintomas são variáveis, dependendo do patógeno que estiver presente na área, mas, em geral, são de subdesenvolvimento das plantas, como: a) clorose, bronzeamento, crestamento marginal e internerval de folhas; b) pecíolo, estolho e folíolo avermelhados, similar ao sintoma de deficiência de nitrogênio e outros nutrientes; c) raiz necrosada; e d) murcha e morte das plantas.

Entre as podridões de raízes, a mais conhecida é a podridão negra da raiz (Figura 16), provocada por um complexo de fatores que causam estresse na planta e favorecem a infecção por patógenos de solo (MAAS, 1998). *Rhizoctonia* spp. e *Pythium* spp. são os patógenos mais comumente associados com a podridão negra da raiz. Além dos sintomas acima descritos, nas raízes formam-se lesões necróticas de cor marrom, localizadas ao longo do córtex, que depois ficam de cor negra, e destroem toda a raiz. Os tecidos necrosados desprendem-se com facilidade, deixando à mostra o cilindro central (TANAKA et al., 2005). Em trabalho de levantamento, realizado em 1993 a 1996, sobre patógenos associados a podridões de raízes em morangueiro, Tanaka et al. (2001), na região de Atibaia, SP, verificaram a predominância de *R. fragariae* e *R. solani*, e chegaram, em algumas épocas, a detectá-los em mais de 40% das amostras analisadas para as duas espécies. No Distrito Federal, também foi detectada a presença de *R. fragariae* em amostras de plantas que apresentavam sintomas de subdesenvolvimento, murcha e podridão negra da raiz (UENO; TOMITA, 2000). A diferença entre as duas espécies de *Rhizoctonia* é baseada no número de núcleos presentes na hifa: *R. fragariae* tem hifa binucleada, enquanto *R. solani* tem hifa multinucleada (HERR, 1979).

Outro patógeno muito comum causador da podridão de raiz é *Phytophthora fragariae*, que causa uma doença conhecida como podridão vermelha do cilindro central, comum em regiões de clima úmido e frio (MAAS, 1998). Os sintomas aparecem pouco antes da colheita, principalmente em áreas com solo encharcado. As plantas doentes ficam subdesenvolvidas e murcham, enquanto as folhas se tornam pálidas, com coloração azul-esverdeada ou avermelhada. Para diagnosticar o problema com precisão, devem-se arrancar as plantas com sintomas iniciais na parte aérea e examinar as raízes (HANDLEY; PRITTS, 1998). No caso dessa doença, não há presença de raízes laterais finas, e as podridões nas raízes principais



iniciam-se da ponta para a base. Fazendo-se um corte longitudinal das raízes no início da podridão apical, pode-se visualizar o avermelhamento do cilindro central, característico da doença (Figura 16).



Fotos: Bernardo Ueno

**Figura 16.** Podridão negra da raiz (*Rhizoctonia fragariae*) em morangueiro.

Os patógenos envolvidos na podridão de raízes são habitantes do solo, com ampla gama de hospedeiros. Eles podem sobreviver em restos de cultura e no solo, na forma de micélios, escleródios, esporos de resistência, e também em outros hospedeiros. A disseminação se dá pela movimentação de solo contaminado, por implementos agrícolas e água de enxurrada ou irrigação. Mudanças contaminadas podem levar o patógeno para locais isentos da doença. Entre os fatores que contribuem para o surgimento da doença estão: plantio sucessivo de morangueiro, emprego de mudas velhas no plantio, mudas fora do padrão ideal de plantio, solos com excesso de umidade, compactados e mal drenados (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). Segundo esses mesmos autores, outras condições que favorecem a podridão

de raízes são altas temperaturas na fase inicial de cultivo no campo associadas a chuvas intensas, principalmente depois da colocação do plástico de cobertura (*mulching*).

## Vermelhão

Esse problema tem sido verificado em mudas de morangueiro e vem sendo denominado de “vermelhão do morango”. A constatação da presença do vermelhão no Estado do Espírito Santo foi feita pela primeira vez em 2003, e vem aumentando muito nos últimos 2 anos. Tem causado perdas acentuadas aos produtores, notadamente na fase inicial de plantio, ocasionando um grande número de falhas no estande das lavouras, em todas as cultivares. Em Minas Gerais, Brasília e São Paulo, o vermelhão tem causado danos que chegam a 100%. Assim, estudos urgentes devem ser conduzidos para se ter um diagnóstico correto dos possíveis fatores e fitopatógenos envolvidos.

Os sintomas no campo são: a) plantas subdesenvolvidas; b) folhas mais velhas com tom avermelhado, daí o nome “vermelhão”; raízes escurecidas (Figura 17) e pouco desenvolvidas em algumas plantas; e c) raízes novas contrastando com raízes já atacadas, escuras. Às vezes, as plantas sobrevivem e voltam a produzir, mas, em outras vezes, apresentam pouco desenvolvimento e morrem (HENZ; REIS, 2009).

Vários patógenos acima descritos, principalmente aqueles que causam danos ao sistema vascular, ao rizoma ou à raiz, podem causar sintomas similares. Entretanto, fatores abióticos, como estresse hídrico e desequilíbrio nutricional (excesso ou deficiência), e também danos causados por nematoides, insetos de solo, entre outros, podem estar envolvidos. De qualquer maneira, como já foi dito, estudos mais aprofundados precisam ser feitos para esclarecer suas causas. Só assim será possível recomendar as medidas de controle mais adequadas.

## Outras doenças

Além das doenças acima citadas, existem outras que foram descritas por Maas (1998) no *Compêndio de doenças do morangueiro*, como: podridão de raiz e coroa de *Armillaria* [*Armillaria mellea* (Vahl:Fr.) P. Kumm.], podridão de raiz e coroa de *Rosellinia* [*Dematophora necatrix* R. Hartig (teleomorfo: *Rosellinia necatrix* Prill.)], podridão radicular de *Macrophomina* (podridão-carvão) [*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich],





Fotos: Hércio Costa

**Figura 17.** Vermelhão do morangueiro (agente causal não definido).

infecção de raiz por *Olpidium* [*Olpidium brassicae* (Woronin) P. A. Dang] e galha de raiz de *Synchytrium* (*Synchytrium fragariae* Zeller & L. Campbell).

## Manejo integrado das principais doenças do morangueiro

A eficiência do controle de doenças do morangueiro causadas por diferentes patógenos depende da adoção de um sistema de manejo integrado de doenças (MID), que abranja diversos métodos de controle (legislativo, cultural, genético, físico, biológico e químico), os quais, em conjunto, possam resultar na redução e/ou na eliminação dos danos

à cultura. Para que essas medidas possam ser tomadas adequadamente e com eficiência, é preciso conhecer bem o ciclo das relações patógeno-hospedeiro da doença em questão, isto é, como e onde o patógeno sobrevive, como é disseminado, quais são suas vias de infecção e que condições ambientais favorecem suas colonização e multiplicação (Tabela 1).

Pelas informações dadas na descrição das doenças e pelos dados apresentados na Tabela 1, pode-se notar que, para a maioria das doenças, a condição de alta umidade, que possibilita a formação de um filme de água na folha, e temperaturas ideais para o cultivo do morango são bastante favoráveis à ocorrência de uma epidemia. Outro fator importante a ser observado é que, na ausência do hospedeiro, a maioria dos patógenos sobrevive em restos de cultura, e esses servem de fonte de inóculo para o próximo ciclo do morangueiro. Hoje, a adoção de cultivo protegido em túnel ou estufa tem reduzido o tempo de molhamento foliar das plantas, criando uma condição desfavorável para o desenvolvimento das doenças que dependem de alta umidade; entretanto, certas doenças, como o oídio, têm ganhado importância, pois esse prefere condições de baixa umidade. É importante ressaltar que, se a estufa ou o túnel for mal manejado, no que se refere à sua abertura ou fechamento e à aeração do ambiente interno, isso poderá agravar algumas doenças, como o mofo-cinza, além de afetar diretamente a polinização das flores, resultando em baixo pegamento de frutos e frutos malformados.

O MID da cultura do morango visa ao manejo dos três fatores (patógeno virulento, hospedeiro suscetível e ambiente favorável) que levam ao aparecimento das doenças. Conforme já foi discutido anteriormente, cumpre lembrar que o fator humano é, muitas vezes, o principal responsável pelo surto de determinada doença. Da mesma forma como o homem cria condições para favorecer uma doença, ele mesmo pode criar condições que a desfavoreçam. Portanto, o sucesso no controle de uma doença depende muito da atitude que ele tomar em relação à condução da cultura do morango, desde a implantação até a pós-colheita.

Os princípios de controle de doenças a serem usados no MID do morangueiro são: regulação e evasão para o ambiente favorável; evasão, exclusão e erradicação para o patógeno virulento; e proteção, imunização e terapia para o hospedeiro suscetível. Em relação ao patógeno, o princípio da exclusão visa interferir na disseminação do patógeno, de uma região epidêmica para uma indene (livre do patógeno), por meio de medidas quarentenárias, pela eliminação de vetores, pelo uso de mudas sadias, livres do patógeno, e pelo tratamento de mudas. A erradicação visa interferir na sobrevivência do patógeno, utilizando-se os seguintes recursos: eliminação de restos culturais, rotação de culturas, eliminação de

hospedeiros alternativos do patógeno, tratamento com fungicidas sistêmicos, tratamento térmico e fumigação. A evasão visa interferir na disseminação, na sobrevivência, na penetração e na colonização do patógeno, mudando a área geográfica de plantio, a época e o local de plantio, e fazendo uso de cultivares precoces. Para o hospedeiro, o princípio da proteção interfere na penetração do patógeno no hospedeiro pelo uso de fungicidas protetores. A terapia visa interferir na colonização, eliminando o patógeno presente dentro do tecido vegetal pelo uso de fungicidas sistêmicos, pela termoterapia e pela eliminação de partes doentes da planta. A imunização interfere na penetração e na colonização do hospedeiro pelo patógeno, pelo uso de cultivares resistentes e pela pré-imunização, química ou biológica. Em relação ao ambiente, os princípios da regulação e da evasão visam interferir na disseminação, na sobrevivência, na penetração e na colonização do patógeno, modificando-se as práticas culturais, a adubação, a nutrição e o ambiente e o controle de insetos vetores, e mudando a área geográfica de plantio, a época de plantio e o local de plantio.

O MID da cultura do morango deve adotar as seguintes medidas gerais para o controle de doenças: a) usar mudas sadias – o ideal é que elas sejam mudas certificadas; entretanto, como ainda não existem mudas com essa classificação no Brasil, devem ser adquiridas mudas de viveiristas idôneos e com histórico de produção de mudas de boa qualidade agrônômica e fitossanitária; b) usar cultivares mais adaptadas à região e resistentes às doenças limitantes ao cultivo do morango; c) evitar o plantio em época e região muito úmidas, e em solos maldrenados; d) reduzir o tempo de molhamento foliar da planta pelo uso de túnel ou estufa plástica, e pelo manejo de irrigação (dar preferência à irrigação localizada); e) no caso de cultivo em túnel ou estufa plástica, criar condições para uma boa aeração e insolação; f) usar cobertura morta, como *mulching*, com plástico preto ou outro tipo de cobertura, como acícula de pinos ou palha vegetal; g) eliminar folhas, flores e frutos doentes da lavoura; h) fazer uma adubação equilibrada; i) eliminar restos de cultura imediatamente após o final do ciclo da cultura; j) eliminar possíveis hospedeiros alternativos de patógenos do morango; k) evitar plantio sucessivo e/ou perto de lavouras velhas de morango acometido de doença; e l) proceder ao controle químico, com fungicidas protetores e/ou sistêmicos. O conhecimento da eficiência relativa de algumas táticas de manejo sobre as principais doenças do morangueiro é muito importante para a escolha da medida mais adequada a um determinado sistema de cultivo (Tabela 2).

O uso adequado das medidas acima citadas pode reduzir consideravelmente a dependência do controle químico, pois que esse, quando usado de maneira inadequada, é considerado danoso ao ambiente e à saúde do homem. Em relação ao controle químico, devem ser tomados alguns cuidados, como: a) usar exclusivamente agrotóxicos recomendados

**Tabela 2.** Eficiência relativa de algumas táticas de manejo sobre as principais doenças do morangueiro. Incaper, Espírito Santo, 2010.

Tática de manejo	Flor-preta	Murcha de <i>Phytophthora</i>	Complexo das podridões de raízes/colo	Podridão dos frutos	Manchas foliares	Oídio	Murcha de <i>Verticillium</i>	Mancha-angular	Nematóides	Viroses
Cultivares resistentes	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++
Mudas sadias	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Cultivo protegido	+++	-	-	+++	+++	-	-	+++	-	-
Rotação de culturas	++	+++	+++	++	++	++	+++	++	+++	++
Drenagem do solo	+	+++	+++	++	+	+	+	+	+	-
Espaçamento e densidade	+++	-	-	+++	+++	+++	-	+++	-	-
Nutrição equilibrada	++	+	+	+++	+++	+++	++	++	+	+
Irrigação/gotejamento	+++	+	+	+++	+++	+++	+	+++	-	-
Fungicidas	+++	+	+	+++	+++	+++	-	-	-	-
Histórico do solo/área	+	+++	+++	+	+	+	+++	+	+++	-
Cuidados na colheita e resfriamento rápido	-	-	-	+++	-	-	-	-	-	-

+++ = muito importante; ++ = importante; + = pouco importante; - = sem efeito.

Fonte: Costa (2010).

para o morangueiro (Tabela 3); b) seguir rigorosamente as indicações descritas na bula; c) obedecer rigorosamente ao período de carência do agrotóxico; d) usar equipamento de proteção individual (EPI); e) fazer aplicações de alto volume de calda; f) procurar cobrir todas as partes da planta; e g) usar adjuvantes quando indicados. A eficiência de um agrotóxico depende muito da época e do modo de aplicação; e o seu uso deve estar baseado no diagnóstico correto da doença que se pretende controlar.

## Manejo de doenças que ocorrem em folhas, pecíolos, estolhões e flores

Para o controle de mancha-angular (*X. fragariae*), a utilização de mudas sadias é a principal medida de manejo a ser adotada. O cultivo protegido também é indicado e deve-se evitar ao máximo a irrigação por aspersão, notadamente em estados onde a doença é endêmica. Todas as cultivares atualmente cultivadas no País apresentam suscetibilidade à doença (Tabela 4). Em condições de alta severidade da doença, a aplicação de fungicidas cúpricos não apresenta eficiência e pode causar fitotoxidez à cultura.

A principal medida de controle da mancha de *Mycosphaerella* é usar cultivares resistentes, além de fungicidas (Tabelas 3 e 4). Entre as cultivares, há variação de comportamento da doença (COSTA et al., 2011). O uso de fungicidas (Tabela 3) e/ou de caldas (viçosa e bordalesa) deve ser recomendado depois do monitoramento da doença, já que a ocorrência do patógeno depende da temperatura e de alta umidade relativa (Tabela 1). Como exemplo, relata-se que, na safra de 2007 e 2008, em virtude do período seco entre os meses de maio e outubro, no Estado do Espírito Santo, foram necessárias poucas pulverizações de fungicidas. Ao contrário, na safra de 2009, a doença ocorreu com maior intensidade em algumas lavouras em virtude de ter sido longo o período de chuvas. Contudo, baseado no monitoramento, foi possível reduzir o número de aplicações. O cultivo em túneis baixos, que vem sendo cada vez mais adotado pelos produtores, limita o desenvolvimento da doença mesmo na época das chuvas. Em complementação, resultados preliminares de avaliação efetuados no Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper-CRDR), no Centro Serrano, têm demonstrado a influência do tipo de *mulching* (branco e/ou preto) sobre o desenvolvimento da doença, sendo observada, com maior severidade, no *mulching* branco, em condições de campo aberto.

A flor-preta, considerada por muitos a doença mais temida porque provoca graves danos, deve ser manejada preventivamente. Um agravante para o cultivo em campo aberto

**Tabela 3.** Agrotóxicos registrados no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit/Mapa) (26/02/2016) para o controle de doenças na cultura do morangueiro.

Grupo químico de fungicidas	Ingrediente ativo	Modo de ação	Doenças						
			1	2	3	4	5	6	7
Análogo de triazol	Triforina	Sistêmico	■						
Anilida	Boscalida	Sistêmico		■					
Anilino pirimidina	Pirimetanil	Contato	■						
Bactéria (biológico)	<i>Bacillus subtilis</i>	Contato		■				■	
Bactéria (biológico)	<i>Bacillus pumilus</i>	Contato		■				■	
Benzimidazol	Tiofanato metílico	Sistêmico	■	■	■	■			
Dicarboximida	Iprodiona	Contato		■					
	Procimidona	Sistêmico		■					
Estrobirulina	Azoxistrobina	Sistêmico	■						
Fenilpiridilamina	Fluazinam	Contato	■						
Fungo (biológico)	<i>Trichoderma harzianum</i>	Contato							■
Inorgânico	Sulfato de cobre	Contato	■						
Triazol	Difenoconazol	Sistêmico	■						
	Imibenconazol	Sistêmico	■						
	Metconazol	Sistêmico	■						
	Tebuconazol	Sistêmico	■						
Isotiocianato de metila	Metam-sódico	Contato							■
Misturas	Azoxistrobina + Difenoconazol	Sistêmico	■						
	Boscalida + Cresoxim-metílico	Sistêmico	■	■					
	Iprodiona + Pirimetanil	Contato		■					

1 = mancha de micosferela (*Mycosphaerella fragariae*); 2 = mofo cinzento (*Botrytis cinerea*); 3 = mancha de *Diplocarpon* (*Diplocarpon earlium*); 4 = mancha de *Dendrophoma* (*Phomopsis obscurans*); 5 = oídio (*Sphaerotheca macularis*); 6 = podridão de *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia solani*); 7 = nematoide (*Pratylenchus brachyurus*).

Fonte: Agrofit (2016).

é que certas cultivares, como Camarosa, Oso Grande e Milsei-Tudla, são muito suscetíveis à doença. Outras cultivares, entre elas, Ventana, Camino Real, Aromas, Diamante, Seascape, Albion, San Andreas, Portola, Palomar e Monterey, também são suscetíveis, como observado em trabalhos conduzidos no Estado do Espírito Santo, em condições de campo e/ou laboratório (Tabela 4). A utilização de fungicidas para esse alvo biológico tem apresentado baixa eficiência em condições de campo, além da ocorrência de resistência ao grupo químico

**Tabela 4.** Reação de cultivares de morangueiro aos principais patógenos observados em condições de laboratório e estufa e em condições de campo no período de 2003 a 2010. Incaper, Espírito Santo, 2010.

Cultivar	Reação aos patógenos						
	<i>Colletotrichum acutatum</i>	<i>Verticillium dahliae</i>	<i>Xanthomonas fragariae</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Mycosphaerella fragariae</i>	<i>Pestalotiopsis longisetula</i>	<i>Podosphaera aphanis</i>
Camarosa	S	S	S	S	S	S	S
Toyonoka	AS	S	S	S	S	S	S
Festival	S	S	S	S	S	S	S
Oso Grande	S	S	S	S	S	S	S
Dover	AS	S	S	S	AS	R	S
Aleluia	AS	S	S	S	S	S	S
Campinas	AS	S	S	S	S	S	S
Milsei-Tudla	S	S	S	S	MR	MR	MR
Sweet Charlie	MR	S	S	AS	MR	S	S
Ventana	S	S	S	S	MR	S	S
Camino Real	S	MR	S	AS	MR	AS	MR
Palomar	S	S	S	AS	S	AS	S
Albion	S	MR	S	S	S	AS	S
Aromas	S	S	S	S	AS	AS	S
Diamante	S	S	S	S	AS	AS	S
Portola	S	S	S	S	S	S	S
Monterey	S	S	S	S	S	S	S
San Andreas	S	S	S	S	S	S	S
Seascape	S	S	S	S	S	S	S

AS = altamente suscetível; S = suscetível; MR = moderadamente resistente.

Fonte: adaptado de Costa (2010).

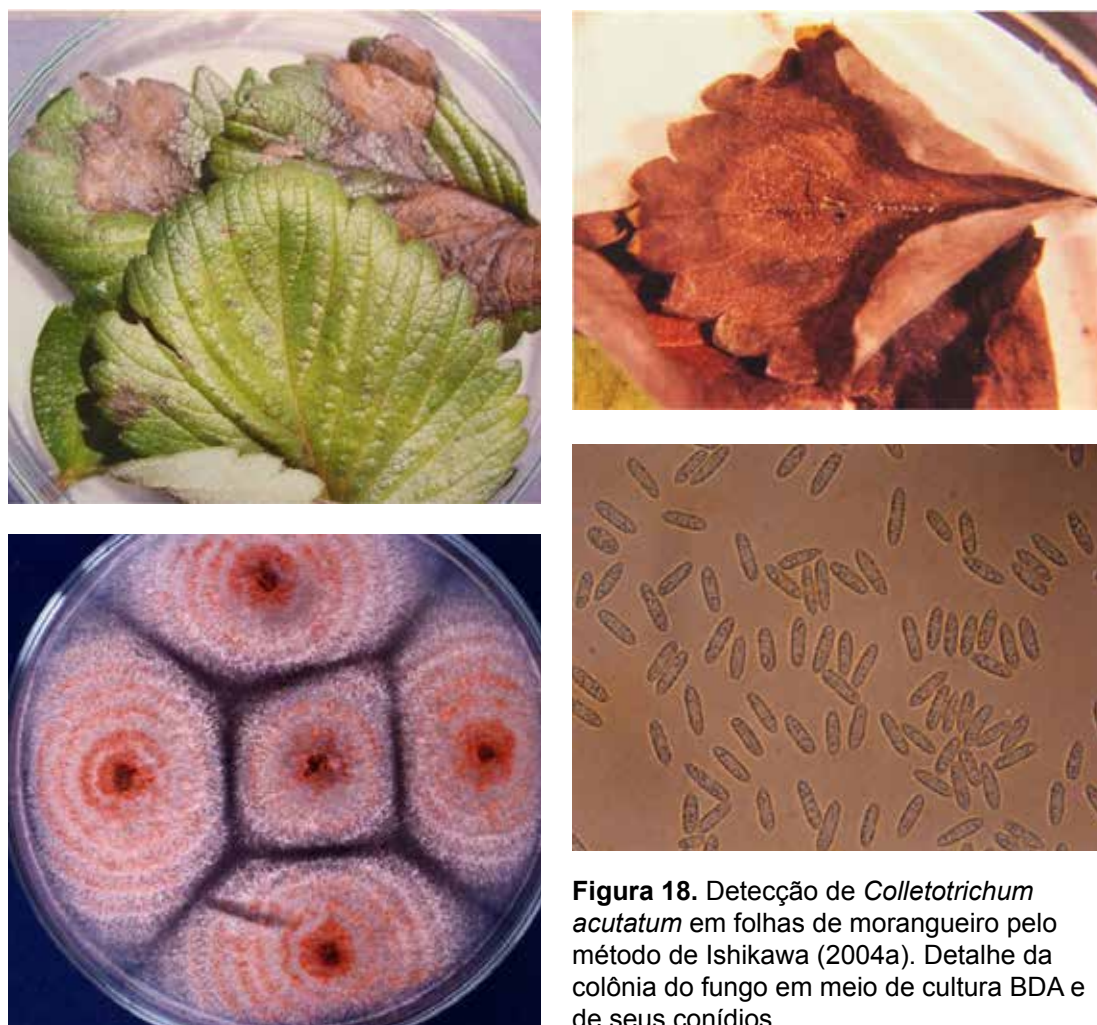


dos benzimidazóis (TANAKA et al., 1997). Como, geralmente, a doença inicia-se em focos, o monitoramento das áreas reduz o uso de fungicidas. A utilização de mudas saudáveis é fator decisivo para evitar a introdução da doença em novas áreas; daí a importância da certificação dos viveiros do País. A irrigação por aspersão deve ser evitada, pois a dispersão por meio de respingos de água é a principal forma de disseminação desse patógeno que, em condições ambientais adequadas, pode inviabilizar a produção. Sem dúvida, a adoção de túnel (cultivo protegido), junto com a irrigação por gotejamento, mais o plantio de mudas isentas do patógeno, tem se mostrado eficiente para reduzir essa doença.

Em virtude da importância das mudas na disseminação de *C. acutatum* (FREEMAN, 2008; POLING, 2008; SMITH, 2008), existe uma preocupação quanto ao manejo fitossanitário em viveiros de produção de mudas. A introdução do patógeno em áreas isentas dessa doença se deve à dificuldade de detecção das infecções latentes em plantas aparentemente saudáveis no viveiro. Para isso, é preciso recorrer a métodos simples, rápidos e baratos, que facilitem a adoção, pelos viveiristas, de mudas de morangueiro.

Ishikawa (2003) desenvolveu um método simples para diagnosticar a infecção latente causada por *Glomerella cingulata* em morangueiro, usando o método de imersão em etanol (Figura 18). O método de imersão em etanol também pode ser usado para *C. acutatum*, *P. obscurans* e *F. oxysporum* f. sp. *fragariae*. Incubando o material na temperatura de 28 °C por 5 dias para os dois primeiros fungos, e por 3 dias para o último, já é possível visualizar estruturas típicas de cada um deles (ISHIKAWA, 2004a). O método de imersão em etanol é feito da seguinte maneira: a) coleta das folhas mais velhas (em virtude da alta chance de elas estarem com infecção latente); b) lavagem das folhas em água corrente; c) imersão em etanol 70% por 30 segundos; d) lavagem em água estéril por duas vezes, em condições assépticas; e) incubação em placa de Petri, forrada com papel-filtro bem umedecido; e f) incubação a 28 °C, por 5 a 10 dias, até o aparecimento de sinais típicos do patógeno (por exemplo, acérvulos com massa conidial).

No Brasil, essa metodologia foi testada por Ueno e Leite Júnior (1997) para *C. acutatum*, que conseguiram detectar a infecção latente em materiais coletados no campo e em casa de vegetação. Trabalho feito por Ishikawa (2004b) mostrou que houve alta correlação entre a infecção latente de *Glomerella cingulata*, detectada pelo método da imersão em etanol, e a incidência de doença no campo. Portanto, segundo Ishikawa (2004b), o presente método pode ser usado para diagnosticar a infecção latente e eliminar focos da doença em campos de produção de mudas de morango, para selecionar plantas-matrizes saudáveis e/ou para prever a ocorrência de antracnose no morangueiro.



Fotos: Bernardo Ueno

**Figura 18.** Detecção de *Colletotrichum acutatum* em folhas de morangueiro pelo método de Ishikawa (2004a). Detalhe da colônia do fungo em meio de cultura BDA e de seus conídios.

O oídio é uma doença que, nos últimos anos, vem ganhando importância em virtude da utilização do cultivo protegido e das cultivares utilizadas, as quais apresentam comportamento variado em relação a essa doença (Tabela 2). O manejo desse patógeno envolve o uso de cultivares resistentes (COSTA; VENTURA, 2006a). Em algumas cultivares de dias neutros, como Seascape e Albion, e nas cultivares Portola e Monterrey (safra de 2010/2011), a doença manifestou-se com elevada severidade, com infecção em frutos, em condições de cultivo sob túneis baixos, o que exigiu o uso de fungicidas de ação específica para o patógeno. Contudo, como há poucos fungicidas registrados para esse alvo biológico e não há legislação para *minor crops* (culturas de menor suporte fitossanitário), novos princípios ativos, produtos biológicos e alternativos poderão ser disponibilizados, mas com períodos

de carência distintos. Nas demais cultivares, deve-se fazer um monitoramento da doença e das condições climáticas, atitudes muito importantes para controlar a ocorrência, e, se for necessário, pode-se recorrer à pulverização.

Para outras doenças foliares, a adoção de manejo indicado para as doenças descritas tem, geralmente, apresentado bons resultados. É importante observar a resistência das cultivares para determinada região, como menciona o trabalho feito pela Incaper no Espírito Santo (Tabela 4). Cabe lembrar que, dependendo da raça ou do isolado do patógeno presente na região, a cultivar pode ser resistente ou suscetível; daí a necessidade de conhecer localmente a reação das cultivares às principais doenças que ali se manifestam.

Resumidamente, as práticas de manejo mais adequadas estão listadas na Tabela 1. Se a essas práticas forem acrescentados o conhecimento do meio de sobrevivência, a forma de disseminação e as condições favoráveis à ocorrência, será possível realizar um manejo bem específico da doença. Quanto ao uso de fungicidas, geralmente a aplicação dos produtos recomendados (Tabela 3) para as doenças acima descritas são eficientes. Para as doenças foliares, o manejo cultural adotado é a retirada das folhas velhas, não necessitando recorrer aos fungicidas específicos, principalmente em condições de incidência localizada e com baixa severidade.

Existem ainda outras opções de controle. No caso da mancha de *Pestalotia*, o uso de silicato de potássio reduz a severidade da doença nas mudas em condições de casa de vegetação (MISSIO et al., 2006). Entretanto, para esse alvo biológico, se fazem necessários estudos com novos princípios ativos, já que os fungicidas registrados para outras manchas foliares têm apresentado baixa eficiência nas condições do Estado do Espírito Santo.

## Manejo de doenças que ocorrem em frutos

A recomendação da prática cultural da retirada de restos culturais vem sendo adotada como rotina pelos produtores do Estado do Espírito Santo e, segundo trabalhos conduzidos no Incaper/CRDR/Centro Serrano, em 6 anos consecutivos (2004 a 2009), essa prática, aliada ao cultivo em túneis, tem reduzido significativamente a incidência do mofo-cinza nos frutos, seja em campo, seja em pós-colheita, com valores superiores a 80%, quando comparado com o cultivo em campo aberto (COSTA; VENTURA, 2006c), diferença essa que fica ainda mais acentuada com o início das chuvas.

Com relação à resistência ao mofo-cinza, a maioria das cultivares tem se comportado como suscetíveis, em testes efetuados em condições de laboratório (Tabela 4). Em condições de campo, no Estado do Espírito Santo, tem-se observado que a cultivar Camino Real vem apresentando alta suscetibilidade a esse patógeno (COSTA; VENTURA, 2007). É importante ressaltar que essa cultivar apresenta maior inflorescência e, em comparação com as outras normalmente plantadas, suas pétalas ficam mais aderidas aos frutos, o que favorece a doença, notadamente em períodos de chuvas finas por alguns dias, que é condição essencial para a ocorrência da doença. Entre as dificuldades de manejo dessa doença estão a gama de hospedeiros desse patógeno e sua capacidade de crescer em temperaturas de refrigeração.

O uso de produtos biológicos, como do fungo *Clonostachys rosea*, é uma alternativa de manejo a ser implementada, principalmente em condições de cultivo em túneis, onde existe maior possibilidade de sucesso do que em cultivo em campo aberto. Em trabalho desenvolvido no Estado do Espírito Santo, com esse fungo, em aplicações em campo aberto, com a cultivar Camino Real, observou-se a redução da doença em pós-colheita dos frutos (COSTA et al., 2010b).

Trabalhos estão sendo desenvolvidos no Brasil com um sistema de previsão para definir o momento mais apropriado de controle da doença. Tome-se o exemplo da Flórida, EUA, onde o modelo de Bulger et al. (1987) – baseado no molhamento foliar e na temperatura, em que o valor de  $INFBu \geq 0,50$  (porcentagem prevista de flores ou frutos infectados  $\geq 50\%$ ) indica a necessidade de aplicação de fungicida –, foi testado em morangueiro, por Mackenzie e Peres (2011b), por 3 anos, para o controle do mofo-cinza. Esse sistema de previsão de doença mostrou ótimos resultados, reduzindo significativamente o número de aplicações de fungicidas sem perda de eficiência no controle da doença ou da produtividade. Esse modelo está à disposição dos produtores de morango da Flórida (MACKENZIE; PERES, 2012b): o Strawberry Advisory System foi disponibilizado no site AgroClimate<sup>1</sup>, com recomendações específicas para o manejo do mofo-cinza em morango, na Flórida (PAVAN et al., 2011).

O manejo de doenças em frutos deve ser feita de forma integrada, visando abordar as mais diversas estratégias em campo e pós-colheita, de forma a reduzir as podridões (VENTURA; COSTA, 2006). Entre as estratégias utilizadas, pode ser citado o uso do *mulching* (cobertura do canteiro com lona plástica) e a cobertura morta entre canteiros. O primeiro

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://agroclimate.org/tools/strawberry>>.

faz uma barreira física entre o fruto e o solo, enquanto o segundo evita que o solo se desprenda por ação da chuva e/ou irrigação, e atinja os frutos, levando o inóculo dos patógenos. O solo é uma das principais fontes de inóculo em virtude de muitos patógenos sobreviverem em restos de cultura ou até mesmo serem habitantes do solo.

O uso do túnel é uma estratégia recomendada principalmente nos cultivos de verão, em virtude da maior ocorrência de chuvas. O uso do túnel evita o molhamento dos frutos e a dispersão de patógenos, como *Colletotrichum* spp. Cuidados com a irrigação também são essenciais, sendo recomendado o uso de irrigação por gotejo.

Sempre que possível, deve ser realizada a limpeza da lavoura, com a retirada de folhas e frutos velhos e/ou doentes. Essa medida é essencial no manejo de todas as doenças em frutos, para evitar a infecção de frutos jovens.

Visando à redução de podridões em pós-colheita, sugere-se que a colheita dos frutos seja feita nas primeiras horas da manhã, quando, então, a temperatura é mais baixa e os frutos ainda estão firmes, portanto, mais resistentes a danos mecânicos. Na colheita, deve ser dada preferência aos recipientes de plástico (em prejuízo dos de madeira e bambu), pois, além de permitirem a lavagem, não retêm o inóculo de patógenos. Sempre que possível, a colheita deve ser realizada diretamente nos recipientes finais, reduzindo-se, assim, o manuseio dos frutos (BALBINO; COSTA, 2006).

O uso de refrigeração é recomendado logo após a colheita dos frutos. Ela tem sido utilizada com frequência no manejo de podridões em frutos de morango, porém, nem sempre é efetiva, e sua aplicação nem sempre é possível.

O uso de fungicidas aplicados no campo também tem sido um recurso de boa valia, na tentativa de reduzir a incidência de patógenos. No entanto, cumpre lembrar que produtos alternativos, como quitosana, vêm sendo utilizados em condições experimentais (LOPES, 2011).

Estudos sobre o controle da antracnose (*C. acutatum*) em frutos na pré- e na pós-infecção com o fungicida piraclostrobina (grupo químico estrobirulina) mostraram que, quando o fungicida é aplicado 24 horas depois da infecção, com condições de umidade menos favoráveis à doença, o efeito de controle é similar ao da aplicação preventiva, enquanto, nas condições favoráveis, a eficiência de controle do tratamento preventivo (proteção) foi de 75%, e o curativo foi de 50% (TURECHEK et al., 2006). Nesse ensaio, também foi verificado que, em cultivares mais resistentes à antracnose, como Festival e Jewel, a resposta do efeito curativo do fungicida é melhor do que em cultivares mais suscetíveis (Camarosa e Kent).

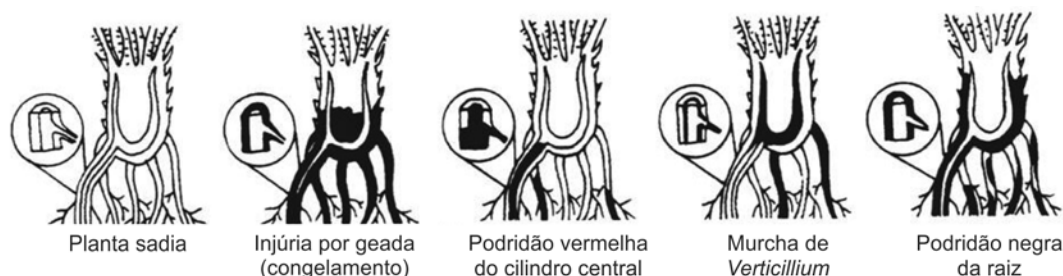
Esse estudo indica que, para eventos de molhamento mais curtos, como chuvas sazonais, a aplicação de piraclostrobina pode ser feita depois de 24 horas, e que a eficiência de controle será equivalente à de uma aplicação preventiva. O uso de fungicidas protetores para a antracnose em frutos de morangueiro é eficiente quando aplicados antes da infecção ou depois, quando o período de molhamento é inferior a 8 horas. Acima desse período (de 18 horas a 24 horas), somente os fungicidas sistêmicos conseguem ser eficientes no controle da doença (PERES et al., 2010).

Mackenzie e Peres (2012a) testaram, em lavouras de morangueiro, o modelo de previsão para a antracnose em frutos de morango, modelo esse desenvolvido por Wilson et al. (1990), que usaram informações do período de molhamento foliar e da temperatura para prever a infecção por *C. acutatum* em morango, para a aplicação de fungicidas. Na aplicação preventiva, antes do aparecimento de sintomas em frutos, houve redução média de 47% no número de aplicações em comparação com o calendário de aplicação semanal. Mas, quando a aplicação foi feita depois do aparecimento dos sintomas, a eficiência de aplicação foi 40% mais baixa. Portanto, o uso desse modelo de sistema de previsão é viável, pois pode reduzir significativamente o número de aplicações, sem perda de controle da doença ou do rendimento.

## Manejo de doenças que ocorrem em rizoma e raiz

As doenças de rizoma e raiz são as mais difíceis de manejar depois de instaladas na lavoura de morangueiro. Além disso, essas doenças são de difícil diagnóstico e, por isso mesmo, requerem muito tempo para sua identificação. Saber diferenciar entre rizoma e raízes saudáveis e raízes danificadas por fatores abióticos ou bióticos é muito importante, pois alguns apresentam padrões bem definidos, quando vistos em perfil de corte, conforme está ilustrado na Figura 19. Todo e qualquer trabalho deve ser feito de maneira preventiva e, para isso, é importante conhecer bem o agente causal da doença, seu ciclo de vida, seus meios de sobrevivência e disseminação, além das condições favoráveis para sua ocorrência. Portanto, as informações descritas sobre essas doenças, além daquelas contidas nas tabelas 1 e 2, são muito importantes para que se possa adotar um manejo adequado de controle preventivo de doenças. Diferentemente das doenças da parte aérea, nas quais muitas vezes é viável, em último caso, aplicar fungicidas, o uso desses produtos é pouco efetivo no controle de doenças radiculares e de rizoma.





**Figura 19.** Desenho esquemático de alguns problemas comuns em raiz de morangueiro e sintomas típicos.

Fonte: Ellis (2008).

O manejo da antracnose do rizoma começa pelo plantio de mudas isentas do patógeno. De maneira geral, o manejo que foi descrito para a flor-preta e a podridão de fruto (*C. acutatum*) serve também para essa doença, excetuando a parte do controle por fungicidas após o transplante. A imersão de mudas em fungicidas tem efeito relativo. O manejo adequado é a eliminação imediata das mudas infectadas, considerando que os viveiros utilizam irrigação por aspersão, o que torna o controle extremamente difícil, pois os fungicidas apresentam baixa eficiência.

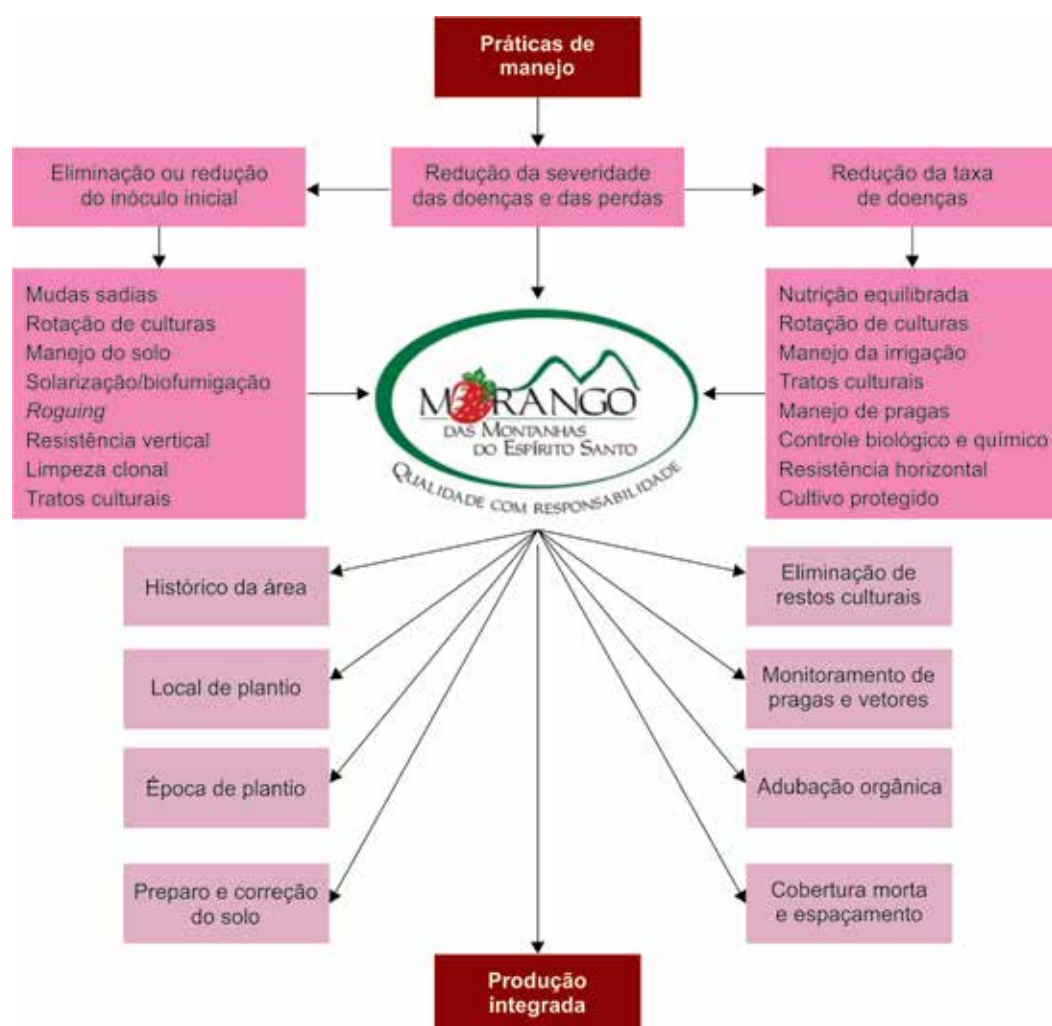
Para a murcha de *Verticillium*, o manejo fundamental é a rotação de culturas, por pelo menos 4 anos, sendo que a utilização de plantas da família das crucíferas, especialmente brócolis, reduz a densidade da doença no solo (SUBBARAO et al., 2007). Pesquisas realizadas pelo Incaper, em condições de casa de vegetação, com solo naturalmente infestado, mostraram que as cultivares Camarosa, Oso Grande, Ventana, Aromas, Diamante, Seascape, Dover e Sweet Charlie são suscetíveis ao patógeno; já as cultivares Camino Real e Albion têm apresentado resistência. A adubação equilibrada é muito importante, já que algumas formas de adubos nitrogenados (amoniaco e/ou nítrico) aumentam a predisposição das plantas à infecção pelo patógeno. Em pequenas reboleiras, a solarização e a biofumigação do solo são alternativas de manejo da doença.

Para evitar as demais doenças de rizoma e raízes, é importante tomar as seguintes medidas: a) escolher as cultivares, dando preferência às que são resistentes; b) usar mudas saudáveis; c) conhecer o histórico da área; d) fazer uma boa drenagem do solo; e) adotar o sistema de rotação de culturas com plantas não hospedeiras; f) adotar canteiros altos para evitar o acúmulo de água; e g) fazer uma adubação equilibrada. Duas outras medidas eficazes são eliminar, o mais rápido possível, as plantas infectadas e evitar o transporte de solo de uma área contaminada para outras áreas.



## Considerações finais

No Brasil, diversas doenças afetam o morangueiro. Medidas isoladas não são suficientes para manter a sustentabilidade dessa cultura por vários anos. Coerente com essa constatação, a Figura 20 apresenta diversas táticas de manejo que devem ser adotadas em conjunto para reduzir os custos de produção e minimizar os danos causados pelas doenças.



**Figura 20.** Representação esquemática das principais táticas usadas no manejo integrado das doenças em morangueiro. Incaper, Espírito Santo, 2011.

Fonte: Costa et al. (2011).

O produtor de morango deve procurar seguir as recomendações técnicas estabelecidas para o controle fitossanitário na cultura, evitando o uso desnecessário de agrotóxicos e cuidando para não utilizá-lo de forma inadequada. Com isso, livra essa fruta do estigma de produto vegetal in natura com maior contaminação por agroquímicos. O produtor deve ter em conta que o morango é uma fruta de grande preferência do consumidor brasileiro, que está, a cada dia, mais exigente com a qualidade do produto que adquire. Ademais, uma imagem negativa afeta toda a cadeia produtiva.

Por meio do uso eficiente do MID, a agricultura moderna busca a redução da dependência de agrotóxicos no controle de doenças. Com isso, garante a melhoria da qualidade ambiental e preserva a saúde dos consumidores.

Para qualificar ainda mais a produção de morango no Brasil, o sistema de produção integrada para o morangueiro vem sendo aperfeiçoado em vários estados do Brasil, como Espírito Santo, São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná. Para tanto, vem sendo feita a rastreabilidade de todo o processo produtivo, desde a etapa inicial de aquisição das mudas até a comercialização do produto. As normas técnicas específicas e os documentos de acompanhamento da produção integrada de morango (PIMo) foram publicados na Instrução Normativa nº 14, de 1º de abril de 2008. O Estado do Espírito Santo também adotou, de maneira pioneira, desde a safra de 2004, o cadastramento dos produtores de morango, o que permite a rastreabilidade, se algum problema for detectado (COSTA et al., 2010a).

## Referências

AGRIOS, G. **Plant pathology**. 5th ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2005. 952 p.

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 23 fev. 2016.

AMSALEM, L.; FREEMAN, S.; RAV-DAVID, D.; NITZANI, Y.; SZTEJNBERG, A.; PERTOT, I.; ELAD, Y. Effect of climatic factors on powdery mildew caused by *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae* on strawberry. **European Journal of Plant Pathology**, v. 114, n. 3, p. 283-292, 2006.

BALBINO, J. M.; COSTA, H. Manejo na colheita e em pós-colheita do morango. In: BALBINO, J. M. S. (Ed.). **Tecnologias para a produção, colheita e pós-colheita do morangueiro**. Vitória: Incaper, 2006. p. 69-74.

BULGER, M. A.; ELLIS, M. A.; MADDEN, L. V. Influence of temperature and wetness duration on infection of strawberry flowers by *Botrytis cinerea* and disease incidence of fruit originating from infected flowers. **Phytopathology**, v. 77, n. 8, p. 1225-1230, 1987.

CAMILI, E. C.; CARBONARI, M.; SOUZA, N. L. Caracterização de *Pestalotiopsis longisetula* e sua patogenicidade em morango. **Summa Phytopathologica**, v. 28, n. 2, p. 213-214, 2002.

CARISSE, O.; BOUCHARD, J. Age-related susceptibility of strawberry leaves and berries to infection by *Podosphaera aphanis*. **Crop Protection**, v. 29, n. 9, p. 969-978, 2010.

CARISSE, O.; BOURGEOIS, G.; DUTHIE, J. A. Influence of temperature and leaf wetness duration on infection of strawberry leaves by *Mycosphaerella fragariae*. **Phytopathology**, v. 90, n. 10, p. 1120-1125, 2000.

CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL. Crop Protection Compendium, CAB International, Wallingford, UK, 2008.

COELHO, M. V. S.; PALMA, F. R.; CAFÉ-FILHO, A. C. Management of strawberry anthracnose by choice of irrigation system, mulching material and host resistance. **International Journal of Pest Management**, v. 54, n. 4, p. 347-354, 2008.

COSTA, H. Manejo de doenças do morangueiro no sistema de produção integrada. In: JORNADA DE EXTENSÃO E CAPACITAÇÃO TÉCNICA DE PRODUTORES E TÉCNICOS MULTIPLICADORES, 2., 2010, Pinhais. **Apostila...** [Curitiba: Universidade Federal do Paraná], 2010. Disponível em: <people.ufpr.br/~pimo.parana/arquivos/apostila\_mid.pdf>. Acesso em: 15 out. 2015.

COSTA, H.; LOPES, U. P.; VENTURA, J. A.; MANZOLI, R. Novas estratégias para o manejo do mofo cinzento em frutos de morango em pós-colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. **Frutas: saúde, inovação e responsabilidade**. Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010b. 1 CD-ROM.

COSTA, H.; MACHADO FILHO, A. A.; MANZOLI, R.; CALVI, J. C.; FORNAZIER, M. J.; BALBINO, J. M. S.; LOPES, U. P. Espírito Santo prepara produtores de morango para a certificação em produção integrada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. **Frutas: saúde, inovação e responsabilidade**. Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010a. 1 CD-ROM.

COSTA, H.; VENTURA, J. A. **Bacteriose do morangueiro**. Vitória: Incaper, 2004a. 4 p. (Incaper. Documentos, n. 125).

COSTA, H.; VENTURA, J. A. Doenças do morangueiro: diagnóstico de manejo. In: BALBINO, J. M. S. (Ed.). **Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiro**. Vitória: Incaper, 2004b. p. 39-56.

COSTA, H.; VENTURA, J. A. Doenças do morangueiro: diagnóstico de manejo. In: BALBINO, J. M. S. (Ed.). **Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiro**. 2. ed. Vitória: Incaper, 2006a. p. 41-57.

COSTA, H.; VENTURA, J. A. Incidência da podridão em pós-colheita de *Botrytis* em dois sistemas de condução do morangueiro. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 8., 2006, Vitória. **Anais...** Vitória: Incaper, 2006c. p. 187.

COSTA, H.; VENTURA, J. A. Manejo de doenças causadas por fungos de solo morangueiro. In: DUARTE FILHO, J. (Ed.). **Palestras do Simpósio Mineiro do Morango**. Pouso Alegre: Epamig, 2008. p. 17-27.

COSTA, H.; VENTURA, J. A. Manejo de doenças do morangueiro. In: MANEJO integrado de doenças de fruteiras. Lavras: Indi Grafica e Editora, 2007. p. 21-43.

COSTA, H.; VENTURA, J. A. Manejo integrado de doenças do morangueiro. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 3.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 2., 2006, Pelotas. **Palestras...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006b. p. 17-27. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 171).

COSTA, H.; VENTURA, J. S.; LOPES, U. P. Manejo integrado de doenças do morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, S5856-s5877, 2011. Suplemento. CD-ROM.

COSTA, H.; ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Manejo integrado das doenças do morangueiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado das doenças e pragas: produção integrada de fruteiras tropicais**. Viçosa: Ed. UFV, 2003. p. 131-164.

DIAS, M. S. C. **Variações patogênicas, morfológicas e culturais entre *Colletotrichum acutatum* Simmonds e *Colletotrichum fragariae* Brooks causadores de antracnose em morangueiro (*Fragaria* sp.).** 1993. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

DIAS, M. S. C.; COSTA, H.; CANUTO, R. S. Manejo de doenças do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 64-77, 2007.

EASTBURN, D. M.; GUBLER, W. D. Strawberry anthracnose: detection and survival of *Colletotrichum acutatum* in soil. **Plant Disease**, v. 74, n. 2, p. 161-163, 1990.

ELLIOTT, V. J. Response models for conidiospore germination and germ tube elongation of *Mycosphaerella fragariae* as influenced by temperature and moisture. **Phytopathology**, v. 78, n. 6, p. 645-650, 1988.

ELLIS, M. A. **Red stele root rot of strawberry.** Columbus: The Ohio State University, 2008. 3 p. (Fact Sheet, HYG-3014-08).

FANG, X. L.; PHILLIPS, D.; LI, H.; SIVASITHAMPARAM, K.; BARBETTI, M. J. Comparisons of virulence of pathogens associated with crown and root diseases of strawberry in Western Australia with special reference to the effect of temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 131, n. 1, p. 39-48, 2011a.

FANG, X. L.; PHILLIPS, D.; LI, H.; SIVASITHAMPARAM, K.; BARBETTI, M. J. Severity of crown and root diseases of strawberry and associated fungal and oomycete pathogens in Western Australia. **Australasian Plant Pathology**, v. 40, n. 2, p. 109-119, 2011b.

FORTES, J. F.; COUTO, M. E. Doenças fúngicas e bacterianas. In: FORTES, J. F.; OSÓRIO, V. A. (Ed.). **Morango: fitossanidade.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 11-18. (Frutas do Brasil, 41).

FREEMAN, S. Management, survival strategies, and host range of *Colletotrichum acutatum* on Strawberry. **Hortscience**, v. 43, n. 1, p. 66-68, 2008.

FREEMAN, S.; KATAN, T. Identification of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose and root necrosis of strawberry in Israel. **Phytopathology**, v. 87, n. 5, p. 516-521, 1997.

GADOURY, D. M.; ASALF, B.; HEIDENREICH, M. C.; HERRERO, M. L.; WELSER, M. J.; SEEM, R. C.; TRONSMO, A. M.; STENSIVAND, A. Initiation, development, and survival of cleistothecia of *Podosphaera aphanis* and their role in the epidemiology of strawberry powdery mildew. **Phytopathology**, v. 100, n. 3, p. 246-251, 2010.

GIMÉNEZ, G.; PAULLIER, J.; MAESO, D. **Identificación y manejo de las principales enfermedades y plagas en el cultivo de la frutilla.** Montevideo: INIA, 2003. 55 p. (INIA. Boletín de Divulgación, 82).

GOLZAR, H.; PHILLIPS, D.; MACK, S. Occurrence of strawberry root and crown rot in Western Australia. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 2, n. 1, p. 145-147, 2007.

GORDON, T. R.; KIRKPATRICK, S. C.; HANSEN, J.; SHAW, D. V. Response of strawberry genotypes to inoculation with isolates of *Verticillium dahliae* differing in host origin. **Plant Pathology**, v. 55, n. 6, p. 766-769, 2006.

GUBLER, W. D.; CONVERSE, R. H. Diseases of strawberry. In: COMMON names of plant diseases. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 1993. Disponível em: <<http://www.apsnet.org/publications/commonnames/Pages/Strawberry.aspx>>. Acesso em: 31 out. 2005.

HANDLEY, D.; PRITTS, M. **Strawberry production guide for the Northeast, Midwest, and Eastern.** Ithaca: NRAES, 1998. 162 p.

HENZ, G. P. Desafios enfrentados por agricultores familiares na produção de morango no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 260-265, 2010.

- HENZ, G. P.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A. Outbreak of strawberry caused by *Colletotrichum acutatum* in Central Brazil. **Plant Disease**, v. 76, n. 2, p. 212-212, 1992.
- HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Surto de antracnose em morangueiro no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 8, n. 1, p. 28, 1990.
- HENZ, G. P.; REIS, A. **“Vermelhão” do morangueiro**: ameaça misteriosa. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. 7 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 70).
- HERR, L. J. Practical nuclear staining procedures for *Rhizoctonia-like fungi*. **Phytopathology**, v. 69, n. 9, p. 958-961, 1979.
- HOWARD, C. M.; ALBREGTS, E. E. A strawberry fruit rot caused by *Pestalotia longisetula*. **Phytopathology**, v. 63, n. 6, p. 862-863, 1973.
- HOWARD, C. M.; MAAS, J. L.; CHANDLER, C. K.; ALBREGTS, E. E. Anthracnose of strawberry caused by the *Colletotrichum* complex in Florida. **Plant Disease**, v. 76, n. 10, p. 976-981, 1992.
- IGARASHI, S. **Sensibilidade a fungicidas e caracterização morfológica de *Colletotrichum* spp. do morango (*Fragaria* spp.)**. 1984. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ISHIKAWA, S. Correlation between field disease and latent infection by *Glomerella cingulata* of strawberry plants as revealed by a simple diagnostic method using ethanol immersion. **Journal of General Plant Pathology**, v. 70, n. 6, p. 333-335, 2004b.
- ISHIKAWA, S. **Kore de fusegeru ichigo no tanso-byō, iōbyō**. Tokyo: Nōsan Gyoson Bunka Kyōkai, 2011. 141 p. Em japonês.
- ISHIKAWA, S. Method to diagnose latent infection by *Glomerella cingulata* in strawberry plants using ethanol. **Journal of General Plant Pathology**, v. 69, n. 6, p. 372-377, 2003.
- ISHIKAWA, S. Simple diagnosis using ethanol immersion of strawberry plants with latent infection by *Colletotrichum acutatum*, *Dendrophoma obscurans*, and *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*. **Journal of General Plant Pathology**, v. 70, n. 5, p. 249-255, 2004a.
- KWON, J. H.; SHEN, S. S.; PARK, C. S. Stem rot of strawberry caused by *Sclerotium rolfsii* in Korea. **The Plant Pathology Journal**, v. 20, n. 2, p. 103-105, 2004.
- LEANDRO, L. F. S.; GLEASON, M. L.; NUTTER JUNIOR, F. W.; WEGULO, S. N.; DIXON, P. M. Influence of temperature and wetness duration on conidia and appressoria of *Colletotrichum acutatum* on symptomless strawberry leaves. **Phytopathology**, v. 93, n. 4, p. 513-520, 2003.
- LOPES, U. P. **Podridão pós-colheita em morango: etiologia e efeito de produtos alternativos**. 2011. 55 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- LOPES, U. P.; ZAMBOLIM, L.; LOPES, U. N.; PEREIRA, O. L.; COSTA, H. First report of *Pilidium concavum* causing tan-brown rot in strawberry fruits in Brazil. **Plant Pathology**, v. 59, n. 6, p. 1171-1172, 2010.
- LUZ, E. D. M.; COSTA, H.; PAIM, M. M.; SOUZA, J. T.; VENTURA, J. A. *Phytophthora idaei* e *P. nicotianae* diagnosticadas em morangueiro no Espírito Santo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. 71-71, 2005. Suplemento.
- MAAS, J. L. **Compendium of strawberry diseases**. St. Paul: APS Press, 1998. 98 p.
- MACKENZIE, S. J.; PERES, N. A. Use of leaf wetness and temperature to time fungicide applications to control anthracnose fruit rot of strawberry in Florida. **Plant Disease**, v. 96, n. 4, p. 522-528, 2012a.
- MACKENZIE, S. J.; PERES, N. A. Use of leaf wetness and temperature to time fungicide applications to control Botrytis fruit rot of strawberry in Florida. **Plant Disease**, v. 96, n. 4, p. 529-536, 2012b.

MILLER, T. C.; GUBLER, W. D.; GENG, S.; RIZZO, D. M. Effects of temperature and water vapor pressure on conidial germination and lesion expansion of *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae*. **Plant Disease**, v. 87, n. 5, p. 484-492, 2003.

MISSIO, V. C.; ZAMBOLIM, L.; REZENDE, D. C.; RODRIGUES, F. A.; COSTA, H. Efeito protetor do silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas no controle da mancha de pestalotia (*P. longisetula*) do morangueiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 270, 2006. Suplemento.

NAGARAJAN, G.; KANG, S. W.; NAM, M. H.; SONG, J. Y.; YOO, S. J.; KIM, H. G. Characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* based on vegetative compatibility group, random amplified polymorphic DNA and pathogenicity. **The Plant Pathology Journal**, v. 22, n. 3, p. 222-229, 2006.

PAVAN, W.; FRAISSE, C. W.; PERES, N. A. Development of a web-based disease forecasting system for strawberries. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 75, n. 1, p. 169-175, 2011.

PERES, N. A.; SEIJO, T. E.; TURECHEK, W. W. Pre- and post-inoculation activity of protectant and systemic fungicides for control of anthracnose fruit rot of strawberry under different wetness durations. **Crop Protection**, v. 29, n. 10, p. 1105-1110, 2010.

PERES, N. A.; TIMMER, L. W.; ADASKAVEG, J. E.; CORRELL, J. C. Lifestyles of *Colletotrichum acutatum*. **Plant Disease**, v. 89, n. 8, p. 784-796, 2005.

POLING, E. G. Anthracnose on strawberry: its etiology, epidemiology, and pathology, together with management strategies for strawberry nurseries: introduction to the workshop. **HortScience**, v. 43, n. 1, p. 59-65, 2008.

REBELO, J. A.; BALARDIN, R. S. **A cultura do morangueiro**. 3. ed. rev. e ampl. Florianópolis: Epagri, 1997. 44 p. (Epagri. Boletim Técnico, 14).

RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro**: revisão e prática. Curitiba: Emater, 1998. 206 p.

SILVA, L. P. **Caracterização morfológica, fisiológica, molecular e patogênica de isolados de *Colletotrichum* spp. em diferentes hospedeiros**. 2008. 149 f. Tese (Doutorado em Fitossanidade) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SIMMONDS, J. H. A study of the species of *Colletotrichum* causing fruit rots in Queensland. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Science**, v. 22, p. 437-459, 1965.

SIMPSON, D. W.; WINTERBOTTOM, C. Q.; BELL, J. A.; MALTONI, M. L. Resistance to a single UK isolate to *Colletotrichum acutatum* in strawberry germplasm from Northern Europe. **Euphytica**, v. 77, n. 1-2, p. 161-164, 1994.

SMITH, B. J. Epidemiology and pathology of strawberry anthracnose: a north american perspective. **HortScience**, v. 43, n. 1, p. 69-73, 2008.

SMITH, B. J.; BLACK, L. L. First report of *Colletotrichum acutatum* on strawberry in the United States. **Plant Disease**, v. 70, n. 11, p. 1074-10, 1986.

SUBBARAO, K. V.; CHASSOT, A.; GORDON, T. R.; HUBBARD, J. C.; BONELLO, P.; MULLIN, R.; OKAMOTO, D.; DAVIS, R. M.; KOIKE, S. T. Genetic relationships and cross pathogenicities of *Verticillium dahliae* isolates from cauliflower and other crops. **Phytopathology**, v. 85, n. 10, p. 1105-1112, 1995.

SUBBARAO, K. V.; KABIR, Z.; MARTIN, F. N.; KOIKE, S. T. Management of soilborne diseases in strawberry using vegetable rotations. **Plant Disease**, v. 91, n. 8, p. 964-972, 2007.

TANAKA, M. A. S.; BETTI, J. A.; KIMATI, H. Doenças do morangueiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 489-499.



- TANAKA, M. A. S.; BETTI, J. A.; PASSOS, F. A. **Manejo integrado de pragas e doenças das culturas - Morangueiro**. Campinas: CATI-SAA, 2000. 61 p. (Manual Técnico, Série Especial, v. 5).
- TANAKA, M. A. S.; ITO, M. F.; PASSOS, F. A. Patogenicidade de *Rhizoctonia solani* em morangueiro. **Bragantia**, v. 54, n. 2, p. 319-324, 1995.
- TANAKA, M. A. S.; PASSOS, F. A. Caracterização cultural e morfofisiológica de isolados de *Colletotrichum* causadores de antracnose do morangueiro em São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v. 24, n. 2, p. 145-151, 1998.
- TANAKA, M. A. S.; PASSOS, F. A. Caracterização patogênica de *Colletotrichum acutatum* e *C. fragariae* associados à antracnose do morangueiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 5, p. 484-488, 2002.
- TANAKA, M. A. S.; PASSOS, F. A.; BETTI, J. A. Mancha irregular da folha do morangueiro, causada por *Colletotrichum acutatum*, no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 486-488, 1996a.
- TANAKA, M. A. S.; PASSOS, F. A.; BETTI, J. A. Mancha preta da folha, causada por *Colletotrichum fragariae* em viveiros de morangueiro em São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v. 22, n. 2, p. 143-147, 1996b.
- TANAKA, M. A. S.; PASSOS, F. A.; BETTI, J. A. Resistência de *Colletotrichum fragariae* e *C. acutatum* ao benomyl no Estado de São Paulo. **Scientia Agricola**, v. 54, n. 3, p. 139-146, 1997.
- TANAKA, M. A. S.; PASSOS, F. A.; ITO, M. A. Influência da cultivar e do estado fenológico do fruto de morangueiro sobre o desenvolvimento de lesões causadas por *Colletotrichum* spp. **Summa Phytopathologica**, v. 20, n. 1, p. 160-163, 1994.
- TANAKA, M. A. S.; PASSOS, F. A.; PIRES, R. C. M. *Rhizoctonia fragariae* e *Rhizoctonia solani*: os principais patógenos associados às podridões de raízes do morangueiro na região de Atibaia, SP. **Summa Phytopathologica**, v. 27, n. 1, p. 101, 2001.
- TURECHEK, W. W.; PERES, N. A.; WERNER, N. A. Pre- and post-infection activity of pyraclostrobin for control of anthracnose fruit rot of strawberry caused by *Colletotrichum acutatum*. **Plant Disease**, v. 90, n. 7, p. 862-868, 2006.
- UENO, B. **Antracnose do morangueiro ("flor preta") causada por** *Colletotrichum acutatum*. Londrina: Iapar, 1996. 11 p. (Iapar. Informe da Pesquisa, 119).
- UENO, B. Mancha de gnomonia em morango. **Revista Cultivar HF**, v. 8, n. 46, p. 6-7, 2007.
- UENO, B. Manejo integrado de doenças do morango. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2.; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1., 2004, Pelotas. **Palestras...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 70-78. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 124).
- UENO, B.; COUTO, M. E. O.; HELLWIG, T. C.; NICKEL, G. K. Mancha foliar, necrose em pecíolo e podridão de frutos de morangueiro causada por *Gnomonia comari* no Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 228-229, 2006. Suplemento.
- UENO, B.; LEITE JÚNIOR, R. P. Método para detecção de infecção latente da antracnose do morangueiro causada por *Colletotrichum acutatum*. **Summa Phytopathologica**, v. 23, n. 1, p. 53-54, 1997.
- UENO, B.; TOMITA, C. K. Associação de *Rhizoctonia fragariae* com a podridão negra da raiz de morangueiro no Distrito Federal. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, p. 430-431, 2000. Suplemento.
- UREÑA-PADILLA, A. R.; MACKENZIE, S. J.; BOWEN, B. W.; LEGARD, D. E. Etiology and population genetics of *Colletotrichum* spp. causing crown and fruit rot of strawberry. **Phytopathology**, v. 92, n. 11, p. 1245-1252, 2002.



VENTURA, J. A.; COSTA, H. Controle cultural. In: OLIVEIRA, S. M. A.; TERAPO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H. (Org.). **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 145-169.

WILSON, L. L.; MADDEN, L. V.; ELLIS, M. A. Influence of temperature and wetness duration on infection of immature and mature strawberry fruit by *Colletotrichum acutatum*. **Phytopathology**, v. 80, n. 1, p. 111-116, 1990.

WILSON, L. L.; MADDEN, L. V.; ELLIS, M. A. Overwinter survival of *Colletotrichum acutatum* in infected strawberry fruit in Ohio. **Plant Disease**, v. 76, n. 9, p. 948-950, 1992.

YANG, X.; WILSON, L. L.; MADDEN, L. V.; ELLIS, M. A. Rain splash dispersal of *Colletotrichum acutatum* from infected strawberry fruit. **Phytopathology**, v. 80, n. 6, p. 590-595, 1990.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H. Manejo integrado de doenças do morangueiro. In: CARVALHO, S. P. (Coord.). **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 55-80.

ZHENG, J.; SUTTON, J. C. Inoculum concentration, leaf age, wetness duration, and temperature in relation to infection of strawberry leaves by *Diplocarpon earlium*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 16, n. 3, p. 177-186, 1994.

# CAPÍTULO 18

## Viroses

Osmar Nickel  
Thor Vinicius Martins Fajardo



## Introdução

O morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne) é a espécie do grupo das pequenas frutas com maior área cultivada no País, estimada em cerca de 3.500 ha. Portanto, é um dos segmentos mais importantes da fruticultura de clima temperado. As áreas de produção de morangos estão concentradas nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Goiás e Distrito Federal. O Rio Grande do Sul tem quatro polos principais de produção, localizados no Vale do Caí, na Serra Gaúcha, nos Campos de Cima da Serra e em Pelotas.

As décadas compreendidas entre os anos 1940 e 1980 testemunharam, com interrupções, vários trabalhos de melhoramento genético para o desenvolvimento de cultivares de morangueiros adaptadas às condições climáticas no Brasil, os quais foram desenvolvidos no Instituto Agrônomo de Campinas (SP) e na antiga Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual da Cascata, hoje Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS) (CASTRO, 2004). Esses esforços coincidiram com os primeiros estudos sobre vírus de morangueiros no País, principalmente sobre o mosqueado do morangueiro e o bandeamento de nervuras do morangueiro (CARVALHO; COSTA, 1961; KITAJIMA et al., 1971, 1973), que já se destacavam como responsáveis por severos danos à cultura do morango, desde São Paulo até o Rio Grande do Sul (BETTI et al., 1973; CARVALHO; COSTA, 1961; DANIELS; ASSIS, 1979; KITAJIMA et al., 1971).

A qualidade das mudas atualmente em uso no Brasil melhorou em comparação com o cenário descrito acima, graças, entre outros fatores, à produção de matrizes e mudas por meio do cultivo de meristemas in vitro, de matrizes micropropagadas, do tratamento de material básico por termoterapia e da criteriosa seleção e avaliação sanitária de matrizes. Atualmente, porém, como há uma rotação intensa de cultivares, novos germoplasmas entram rapidamente no mercado e cultivares antigas perdem espaço, o que pode levar ao aumento do nível de contaminação por vírus. Levantamentos realizados entre 2005 e 2009 em plantios comerciais nos Campos de Cima da Serra, na Serra Gaúcha e no Vale do Caí, RS, revelaram, por meio de testes moleculares, biológicos e por microscopia eletrônica, uma porcentagem significativa de plantas infectadas por *Strawberry crinkle virus* (SCV), *Strawberry mild yellow edge virus* (SMYEV) e *Strawberry mottle virus* (SMoV) em amostras de cultivos comerciais de oito municípios das três regiões produtoras do Estado, envolvendo as cultivares Aromas, Burkley, Camarosa, Camino Real, Comanche, Dover, Diamante, Oso Grande, Serrana, Sweet Charly, Tudla, Ventana e Verão (NICKEL et al., 2009; SILVA et al.,

2006). Entretanto, não foi possível determinar se as infecções tiveram origem nas mudas importadas. Pelo aspecto legal, houve avanço no País: a produção, a comercialização e a utilização de mudas, além das atividades de empresas certificadoras, foram regulamentadas por lei e decreto específicos (de 2003 a 2005) e por instruções normativas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

No mundo, o morangueiro é afetado por cerca de 30 espécies virais, em infecções individuais ou complexas, que causam um amplo espectro de sintomas, resultando em fraco vigor vegetativo e baixa produção. Estima-se que muitos vírus ainda estão por ser descobertos e caracterizados em *Fragaria* spp. Aqui serão abordadas as espécies virais economicamente mais importantes (Tabela 1).

## Vírus transmitidos por pulgões

Sete espécies de vírus de morangueiros transmissíveis por afídeos (pulgões) já foram relatados até este momento. Desses, o encrespamento [*Strawberry crinkle virus* (SCV), família *Rhabdoviridae*, gênero *Cytorhabdovirus*] (HUNTER et al., 1990; SCHOEN et al., 2004),

**Tabela 1.** Doenças virais em morangueiros.

Nome do vírus (acrônimo)/ nome comum	Gênero do agente causal	Sintomas em cultivares comerciais	Deteção <sup>(1)</sup>
<b>Transmitidos por pulgões</b>			
<i>Strawberry crinkle</i> (SCV)	<i>Cytorhabdovirus</i>	Nenhum ou severo em infecções complexas	RT-PCR, indicadoras
<i>Strawberry mottle virus</i> (SMoV)	<i>Secoviridae</i> "não classificado"	Nenhum ou isolados fortes reduzem vigor; severo em infecções complexas	RT-PCR, indicadoras
<i>Strawberry mild yellow edge</i> (SMYEV)	<i>Potexvirus</i>	Nenhum; severo em infecções complexas	ELISA, RT-PCR, indicadoras
<i>Strawberry veinbanding</i> (SVBV)	<i>Caulimovirus</i>	Nenhum; severo em infecções complexas	PCR, indicadoras
<i>Strawberry chlorotic fleck-associated virus</i> (StCFV)	<i>Closterovirus</i>	Nenhum	RT-PCR

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Nome do vírus (acrônimo)/ nome comum	Gênero do agente causal	Sintomas em cultivares comerciais	Deteção <sup>(1)</sup>
Transmitidos por nematoides, pólen e sementes			
Tomato ringspot virus (ToRSV)	Nepovirus	Nenhum ou sintomas de murcha de <i>Verticilium</i> , enfezamento, mosqueado, manchas difusas	ELISA, RT-PCR, indicadoras
Strawberry latent ringspot virus (SLRSV)	Secoviridae “não classificado”	Severos em infecções complexas, manchas anelares	
Arabid mosaic (ArMV)	Nepovirus	Nanismo, clorose em algumas cultivares ou nenhum	
Tomato black ring virus (TBR)	Nepovirus	Salpicado clorótico, manchas anelares e mosqueado	
Raspberry ringspotvirus (RpRSV)	Nepovirus	Enrolamento foliar, manchas anelares, salpicado clorótico ou nenhum	
Transmitidos por trips, pólen e sementes			
Strawberry necrotic shock virus (SNSV)	Ilarvirus	Nenhum; perda de vigor e queda de produção de frutas	ELISA, RT-PCR, indicadoras
Apple mosaic virus (ApMV)	Ilarvirus	Nenhum	
Fragaria chiloensis latent virus (FCILV)	Ilarvirus	Nenhum	
Transmitidos por mosca-branca			
Strawberry pallidosis-associated virus (SPaV)	Crinivirus	Nenhum; leve em algumas cultivares, declínio em infecções complexas	RT-PCR, indicadoras
Beet pseudo yellows virus (BPYV)	Crinivirus		
Transmitidos por fungo do solo			
Tobacco necrosis virus (TNV)	Necrovirus	Nanismo, necrose de folhas e raízes	ELISA, RT-PCR, indicadoras

<sup>(1)</sup>RT-PCR: teste molecular feito em laboratório; indicadoras: plantas suscetíveis que reagem com sintomas virais após inoculação mecânica ou por transmissão de vírus através de enxertia.

Fonte: adaptado de Moyer et al. (2010).

a clorose marginal [*Strawberry mild yellow edge virus* (SMYEV), família *Betaflexiviridae*, gênero *Potexvirus*] (JELKMANN et al., 1992; LAMPRECHT ; JELKMANN, 1997), o mosqueado [*Strawberry mottle virus* (SMoV), família *Sequiviridae*, gênero *Sadwavirus*] e o bandeamento das nervuras [*Strawberry vein banding virus* (SVBV), família *Caulimoviridae*, gênero *Caulimovirus*] (STENGER et al., 1988) são os vírus mais disseminados e de maior importância econômica em todas as regiões produtoras de morango do mundo. SMoV tem uma organização genômica similar ao tipo *Nepovirus*, mas, contrariamente a esses, é transmitido por pulgões. A espécie consta como “não classificada” na família *Secoviridae* de vírus de RNA biparticulados (CONVERSE 1987; THOMPSON et al., 2002). A ocorrência dos quatro vírus de morangueiros transmitidos por pulgões no Rio Grande do Sul foi relatada anteriormente (BETTI et al., 1973).

A associação de SMYEV com um *Luteovirus* na década de 1980 baseou-se em vários relatos (SPIEGEL et al., 1986; YOSHIKAWA et al., 1984). A transmissão de um *Potexvirus* de forma persistente pelo vetor *Chaetosiphon fragaefolii* é surpreendente, porque, geralmente, os *Potexvirus* não são transmissíveis por pulgões. Os autores conjecturaram (JELKMANN et al., 1990) que o *Potexvirus* seria transmitido com a ajuda do *Luteovirus*, como “vírus auxiliar”, no mecanismo da transmissão de SMYEV por pulgões, ou, então, que SMYEV poderia ser transmitido com base em mecanismo ainda desconhecido. A sequência de nucleotídeos obtida de um fragmento 3'-terminal de 26K do gene da suposta proteína capsidial (CP) do isolado MY-18 de SMYEV não apresentava homologia com proteínas de *Luteovirus*, e um antissoro preparado contra uma proteína de fusão contendo a suposta CP reagiu fortemente com SMYEV. Concluiu-se que existe uma clara associação entre a clorose marginal e SMYEV, sendo este último proposto como novo *Potexvirus* (JELKMANN et al., 1990). Um construto contendo um clone infeccioso completo de SMYEV foi utilizado para inocular *Fragaria vesca* ‘Alpine’ pela via biobalística e agroinoculação, e *Chenopodium quinoa* e *Chenopodium foetidum* pela via mecânica. As plantas inoculadas produziram sintomas que não se distinguiram daqueles de plantas-controle inoculadas por enxertia ou transmissão de SMYEV por afídeos. O *Potexvirus* inoculado com o construto não é transmissível de *F. vesca* por *C. fragaefolii*, sugerindo a necessidade de um “vírus auxiliar” para a transmissão por vetor (LAMPRECHT; JELKMANN, 1997)

## Biologia dos vírus transmitidos por afídeos

Os principais vírus de morangueiros ocorrem em estreita associação com a colonização do morangueiro por pulgões, espécie já relatada em morangueiros no Brasil (BERTELS;



BAUCKE, 1966), principal vetor dos vírus de morangueiros. Os vetores mais importantes dos vírus do morangueiro transmitidos por pulgões são espécies pertencentes ao gênero *Chaetosiphon*, destacando-se a espécie mais comum *C. fragaefolii* (Cock.) (antes denominado *Pentatrichopus fragaefolii* e *Capitophorus* spp.), responsável pela maior parte da transmissão natural desses vírus. Há outras espécies vetoras: *C. tomasi* (H. R. L.), *C. minor* (Forbes) e *C. jacobii* (H. R. L.), *Aphis gossypii* (Glover), afídeo cosmopolita e polífago, e outras espécies dos gêneros *Aphis*, *Acyrtosiphon* (antes denominado *Macrosiphum*), *Amphorophora*, *Aulacorthum*, *Myzaphis*, *Myzus*, *Nectarosiphon* e *Rhodobium*. Estudo recente sobre afídios que colonizam o morangueiro no Paraná revelou que *C. fragaefolii* é a espécie predominante, e que *Aphis gossypii* e *A. forbesi* (Weed) ocorrem com menor frequência (ARAÚJO et al., 2010). Em áreas em que *Chaetosiphon* predomina, o potencial de transmissão simultânea de outros vírus pode levar a infecções múltiplas, causadoras de sintomas severos e perda de produção, e a complexos com vírus transmitidos por moscas-brancas, como SPaV e BPYV, que levam as plantas ao declínio.

SVBV, o vírus de menor frequência de ocorrência em morangos, e SMoV, o mais comum dos vírus que infectam morangos, ocorrem naturalmente no gênero *Fragaria*. Ambos são vírus do tipo semipersistente. Curtos períodos de aquisição e transmissão (minutos) são características da relação vírus-vetor. O status de vetores virulíferos, depois da aquisição do vírus, persiste nos vetores apenas por algumas horas. O vírus é adquirido pela sucção, acumula-se no canal alimentar, mas não passa para a hemolinfa. O vetor não permanece virulífero depois da ecdise. O fato de que a probabilidade da transmissão aumenta com o tempo de aquisição sugere que o vírus se acumula no vetor pela sucção prolongada. SVBV é adquirido por *Chaetosiphon* spp. em 30 minutos de sucção, e o vetor mantém-se virulífero por cerca de 24 horas depois da aquisição do vírus (FRAZIER, 1955).

Indivíduos de *Chaetosiphon fragaefolii* e de *Aphis gossypii* (Glov.), além das espécies *C. tomasi* e *C. minor*, são capazes de adquirir SMoV de uma planta infectada e transmiti-los para uma planta sadia, em poucos minutos de aquisição e transmissão. Outras espécies relatadas como vetores de SMoV pertencem aos gêneros *Acyrtosiphon*, *Amphorophora*, *Myzaphis* e *Myzus*.

SMYEV, um dos mais amplamente disseminados, e SCV, um dos mais destrutivos vírus que afetam morangueiros cultivados, são transmitidos eficientemente por pulgões, de forma persistente. A relação vírus-vetor do tipo persistente requer longos períodos de aquisição e transmissão dos vírus, de dias e até mesmo semanas, e um longo período de latência depois da aquisição, durante o qual o vetor não é capaz de transmitir o vírus.

O vírus é ingerido através de sucção da planta infectada, invade a hemolinfa, atravessando a parede do intestino, e chega às glândulas salivares, de onde pode ser transmitido para outras plantas. Vírus transmitidos de forma persistente também são denominados de propagativos quando há replicação do vírus no vetor. Depois do período de latência, os insetos retêm o status de virulíferos por toda a sua vida, isto é, os vírus persistem de forma infecciosa no vetor.

Várias espécies do gênero *Chaetosiphon*, além de espécies dos gêneros *Myzus* e *Acyrtosiphon* (*Macrosiphum*), transmitem SMYEV. A depender das espécies do vetor, são necessárias de 8 horas a 2 dias de sucção para o vetor adquirir o vírus de plantas infectadas, um período de latência de até 40 horas e 8 dias de sucção para transmiti-lo para plantas sadias (ENGELBRECHT, 1967; KRCZAL, 1979).

SCV, por sua vez, além de possuir um período de latência em *C. fragaefolii* de 10 a 19 dias, que pode ser mais longo em períodos frios e reduzir-se a eficiência da transmissão, multiplica-se no vetor, o que equivale a uma “infecção” pelo vírus, permitindo sua replicação no “hospedeiro” animal. Com um período de incubação (tempo da inoculação até a aparição de sintomas nas plantas) no morangueiro de 2 a 4 semanas, o ciclo total de transmissão de SCV pode durar 75 dias. A depender da espécie do vetor, o período de latência de SCV alcança 59 dias. Essas características biológicas da relação vírus-vetor permitem, portanto, sua exploração no âmbito de estratégias de controle. É plausível assumir que a eficiência de transmissão do vírus em latitudes tropicais/subtropicais aumente em decorrência da redução do período de latência no vetor (KRCZAL, 1982).

## Vírus transmitidos por moscas-brancas

Os *Crinivirus* (família *Closteroviridae*, gênero *Crinivirus*) são, aparentemente, um problema emergente na agricultura mundial da última década. Eles possuem os maiores genomas de RNA de fita simples e senso positivo conhecidos em vírus de plantas e são transmitidos por espécies de moscas-brancas dos gêneros *Bemisia* e *Trialeurodes*, de forma semipersistente. Dois desses vírus foram, recentemente, associados à doença palidose do morangueiro: *Strawberry pallidosis-associated virus* (SPaV) e *Beet pseudo yellows virus* (BPYV) (TZANETAKIS et al., 2004a). A palidose, uma doença que provavelmente se originou nos Estados Unidos, causa palidez e amarelamento das plantas. Alguns clones de *Fragaria vesca* var. *semperflorens* e UC-5, utilizados como indicadoras, reagem de forma assintomática à palidose. Já os clones de *Fragaria virginiana* UC-10 são sensíveis.

Historicamente, a palidose foi associada a sintomas de declínio do morangueiro quando em conexão com outros vírus transmissíveis por pulgões. Considerada uma raridade nos EUA, a palidose revelou-se amplamente distribuída depois de ter sido diagnosticada como a mais disseminada das doenças de morangos transmissíveis pela enxertia, em Maryland e na Califórnia, EUA, tendo infectado cerca de 70% a 90% dos cultivos investigados. A doença, que adquiriu destaque recentemente, é um problema que foi subestimado, até 2003, nas regiões produtoras de morangos dos EUA. Hoje, a doença está amplamente disseminada no Leste dos EUA e na Califórnia. A relevância do SPaV e o do BPYV em todo o mundo deve aumentar no futuro, tanto em decorrência da expansão do território ocupado, quanto em virtude da fecundidade das moscas-brancas (MARTIN et al., 2001), no Oeste do Canadá, onde causa severas perdas. Em plantas de casa de vegetação, a palidose produz clorose, reduz a produção de estolões e afeta, portanto, a produção de mudas. Há poucos sintomas diagnosticados dessa doença. Resumem-se na expressão “palidez”. Enfezamento e, às vezes, declínio e morte de plantas podem ser indicativos de infecção viral complexa, por vírus transmissíveis por pulgões, que podem reduzir o vigor e a produção, mas, geralmente, não são perceptíveis em infecções individuais.

Sintomas de palidose assemelham-se a deficiências minerais e a outras disfunções abióticas. O diagnóstico visual de palidose no campo é difícil. Seu maior impacto se percebe na infecção múltipla de SPaV e/ou BPYV com qualquer um dos outros vírus de morangos. Nesse caso, a doença causa matizes de vermelho das folhas adultas, reduz o desenvolvimento radicular em 15% a 20%, reduz o número e o peso das frutas e leva ao enfezamento, ao declínio e à morte das plantas (WINTERMANTEL, 2004). A palidose em *Fragaria chiloensis* ocorre também no Chile, ao longo da costa do Pacífico, nas Américas do Sul e do Norte, exceto nos trópicos. Como, no Brasil, é comum a importação de mudas de morangos do Chile, da Argentina e também dos EUA, viroses como a palidose do morango devem merecer especial atenção para evitar que seja introduzida. Espécies de moscas-brancas dos gêneros *Trialeurodes* e *Bemisia* ocorrem no Brasil. Plantios comerciais norte-americanos contaminados são, geralmente, assintomáticos. Decorre daí seu caráter de agente potencial de danos devastadores à produção de morangos, com a sua introdução.

A ocorrência de declínio do morangueiro é, geralmente, associada à presença da mosca-branca *Trialeurodes vaporariorum*, assim como à presença de pulgões que possam transmitir os outros vírus do morangueiro, provavelmente associados a essa doença. A presença somente de SPaV e BPYV, os vírus associados à palidose, não é, aparentemente, suficiente para produzir o declínio do morangueiro. Essa doença apresenta grande semelhança

com o “vermelhão”, que ocorre atualmente em vários estados no Brasil, geralmente na proximidade de plantios de tomate, colonizados por moscas-brancas (comunicação pessoal)<sup>1</sup>. A presença do “vermelhão”, sem populações significativas de moscas-brancas, pode indicar que o material de plantio pode ter sido infectado por palidose, na sua origem.

## Vírus transmitidos por nematoides

Um grupo de cinco vírus de morangueiros é transmitido por nematoides dos gêneros *Xiphinema* e *Longidorus*, como também por pólen e sementes. Sua presença, relatada no Hemisfério Norte, pode causar danos significativos a cultivos de morango quando presentes em complexos virais. Quatro desses vírus – *Tomato ringspot virus* (ToRSV), *Tomato black ring virus* (TBRV), *Arabidopsis mosaic virus* (ArMV) e *Raspberry ringspot virus* (RRSV) – pertencem ao gênero *Nepovirus* (família *Comoviridae*). *Strawberry latent ringspot virus* (SLRSV) consta como espécie “não classificada” na família *Secoviridae* de vírus de RNA biparticulados (THOMPSON et al., 2002).

Esse grupo de vírus engloba espécies virais que, em geral, são facilmente transmissíveis mecanicamente, e comumente induzem a formação de manchas anelares (anéis cloróticos) em plantas indicadoras. ToRSV tem um amplo espectro de hospedeiras, entre frutíferas e plantas herbáceas. Seus sintomas tanto podem ser imperceptíveis quanto podem se manifestar sob a forma de nanismo, perda de vigor, redução de estolões e mosqueado. Em *F. vesca*, pode produzir mosqueado e manchas difusas similares aos produzidos pelos vírus transmissíveis por pulgões. Enquanto, na Europa, o SLRSV é tido como agente patogênico de importância secundária, estima-se que, nos EUA, ele possa causar redução substancial da produção. SLRSV causa, geralmente, como os *Nepovirus* mencionados anteriormente, infecções latentes (sem sintomas perceptíveis) na maioria das cultivares comerciais de morangos. Algumas cultivares reagem, com mosqueado e declínio. O SLRSV é um patógeno que infecta um grande número de espécies de plantas ornamentais e frutíferas, como a amoreira-preta, a groselheira, a cerejeira, a videira, a ameixeira europeia e o pessegueiro, além de um grande número de plantas invasoras, entre as quais estão várias espécies de ocorrência comum em pomares de frutíferas arbóreas e nas proximidades dos plantios de morangos.

---

<sup>1</sup> Comunicação pessoal, via e-mail, dr. Hécio Costa, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, ES, 10/9/2008 a 3/10/2008.

A relevância restrita desses vírus em diversas fruteiras no Brasil, apesar do caráter cosmopolita dos nematoides vetores, decorre, provavelmente, da ausência ou da baixa incidência das espécies transmissoras, o que se deduz, por exemplo, do fato de não haver confirmação de ocorrência desses vetores no País, especialmente do nematoide *Xiphinema diversicaudatum*.

O *Tobacco necrosis virus* (TNV) (família *Tombusviridae*, gênero *Necrovirus*) é transmitido pelo fungo oomiceto *Olpidium brassicae*. O patógeno induz sintomas similares a SMYEV e SPMYEV em indicadoras *Fragaria* spp. Há pouca informação sobre danos causados por TNV em plantios comerciais; a ocorrência de nanismo e podridão de folhas e raízes foi relatada (MOYER et al., 2010). O vírus tem um amplo espectro de plantas hospedeiras, é transmissível por via mecânica para indicadoras herbáceas e pode estar presente em *Fragaria* spp., sem sintomas (FRÁNOVÁ-HONETSLEGROVÁ et al., 1998). Em caso de suspeita de infecção, a inoculação mecânica de *C. quinoa* é recomendável em virtude da ocorrência de sorotipos distintos e fraca reação cruzada, e da ocorrência do vírus com RNA livre, o que torna o teste ELISA passível de produzir falsos negativos (CONVERSE et al., 1987).

## Vírus sem vetores conhecidos

Alguns *Ilarvirus* (família *Bromoviridae*) (Tabela 1) são conhecidos em morangueiros, mas sem relatos de danos causados. Como são vírus transmitidos pelo pólen e pelas sementes, representam um grande desafio ao desenvolvimento de estratégias para prevenir ou impedir sua disseminação nos plantios. *Strawberry necrotic shock virus* (SNSV) foi, desde os anos 1950, considerado um isolado de *Tobacco streak virus* (TSV), o membro-tipo do gênero *Ilarvirus*. Entretanto, há uma série de evidências que questiona essa relação: a) diferenças de expressão de sintomas entre isolado-tipo de TSV de *Fragaria vesca* e outros de amora-preta, feijão, fumo e trevo-branco; b) diferenças sorológicas; c) ausência de proteção cruzada; e d) ausência de hibridação em *Northern blots* entre isolados de morangueiro e amoreira-preta e os outros isolados (STENGER et al., 1987). Sequências de TSV isolado-tipo não permitiram a detecção do vírus em pequenas frutas via RT-PCR. A sequência de nucleotídeos de um isolado de TSV de morangos agrupou-se com outros isolados de morangueiros, revelando baixa identidade com a sequência do TSV-tipo. Nenhuma dessas plantas, portanto, estava infectada com TSV. Aparentemente, TSV não é um patógeno de *Fragaria* spp. Em decorrência dessa constatação, o isolado sequenciado recebeu seu antigo nome, SNSV (MARTIN; TZANETAKIS, 2006; STACE-SMITH et al., 1987; TZANETAKIS et al.,

2004b). *Fragaria chiloensis latent virus* (FCILV), originário do Chile, está presente, geralmente, de forma assintomática, nas Américas do Sul e do Norte, ao longo da costa do Pacífico, onde ocorre *Fragaria chiloensis*. A sequência completa de nucleotídeos do genoma viral foi determinada (TZANETAKIS; MARTIN, 2005b).

Um terceiro *Ilarvirus*, com sintomas de enrolamento de folhas foi encontrado em *F. vesca*. A clonagem e o sequenciamento, a partir de RNA de fita dupla, revelaram que as plantas estavam infectadas naturalmente por três vírus: *Apple mosaic virus* (ApMV), além de SpaV e BPYV (TZANETAKIS; MARTIN, 2005a) – as duas últimas espécies virais estão envolvidas no complexo viral palidose e vermelhão, já mencionados. Descrevendo os sintomas, Frazier (1987) suspeitava que o enrolamento das folhas do morangueiro parecia ser causado por um complexo de pelo menos três agentes patogênicos, com distintas formas de infecção e disseminação. ApMV pertence ao grupo 3 do gênero *Ilarvirus*, é um agente cosmopolita, com um amplo espectro de plantas hospedeiras. A disseminação de ApMV via pólen, em cultivos comerciais, aliada à dificuldade de manejo, pode ter impacto econômico significativo. Análises de ApMV como componente latente podem ser relevantes na avaliação de plantios e plantas-matrizes, e contribuir para a prevenção de perdas na produção.

Vírus de morangueiros são, geralmente, latentes em germoplasmas das cultivares comerciais de morangueiros atualmente em uso – a infecção não é perceptível visualmente na maioria das cultivares comerciais de morangos, em virtude de o melhoramento visar à obtenção de cultivares com alto nível de tolerância a vírus. Algumas exceções são as cultivares mais sensíveis, como Cascata, Pelotas e IAC Mantiqueira; ou as cultivares mais recentes, como Camarosa (Figura 1). As cultivares Marshall, Tioga, Carlsbad, Gaviota, Cuesta, Pacífica e Selva (EUA) são sensíveis ao SVBV, resultando em redução da produção de estolões e frutas e em perda da qualidade. As cultivares Hood, uma das mais sensíveis, e Marshall desenvolvem nanismo, clorose marginal, distorção de folhas e frutas pequenas quando infectadas por SMYEV (MARTIN; TZANETAKIS, 2006).

Como parasitas obrigatórios, vírus de plantas não “crescem” em meios artificiais, pois não podem prescindir da célula viva para suas ativação e replicação. Ao longo do processo de infecção, em que a “máquina” metabólica da planta é “manipulada” para produzir as substâncias requeridas pelos parasitas virais, a planta reage com inúmeros sintomas. Eles são muito variáveis e complexos, assim como também é complexa a mistura de agentes patogênicos. A reação das plantas infectadas é o resultado da interação da cultivar, dos vírus e isolados virais envolvidos e das condições ambientais, especialmente a temperatura. Em suma, infecções virais produzem redução de vigor vegetativo e perda de produção



Fotos: Osmar Nickel

**Figura 1.** Morangueiro da cultivar Camarosa de plantio comercial em Farroupilha, RS, com deformação foliar, enfezamento, manchas cloróticas, causados por uma infecção de pelo menos dois vírus, SMYEV e SCV, diagnosticados por indexagem biológica e RT-PCR.

em certas combinações de vírus (MAHMOUDPOUR, 2004; MARTIN; TZANETAKIS, 2006). Em geral, sintomas como os listados abaixo são indicativos de infecção viral:

- Lesões cloróticas, margens das folhas amareladas: tecido em que a síntese de clorofila é inibida, áreas verde-claras ou amarelas.
- Bandeamento/clareamento: clorose de nervuras e faixas cloróticas ao longo das nervuras primárias e secundárias dos folíolos. Salpicado clorótico.
- Lesões necróticas: manchas localizadas de tecido morto; podem se originar a partir de manchas cloróticas.
- Mosaicos: áreas com limites definidos por distintos matizes.
- Mosqueados: áreas com limites indefinidos, de distintos matizes de verde e verde-clorótico ou amarelado.
- Manchas anelares: manchas cloróticas em forma de anéis.
- Deformação, distorção e enfezamento: crescimento irregular, nanismo, folíolos pequenos, retorcidos, enrolamento e epinastia de folíolos.

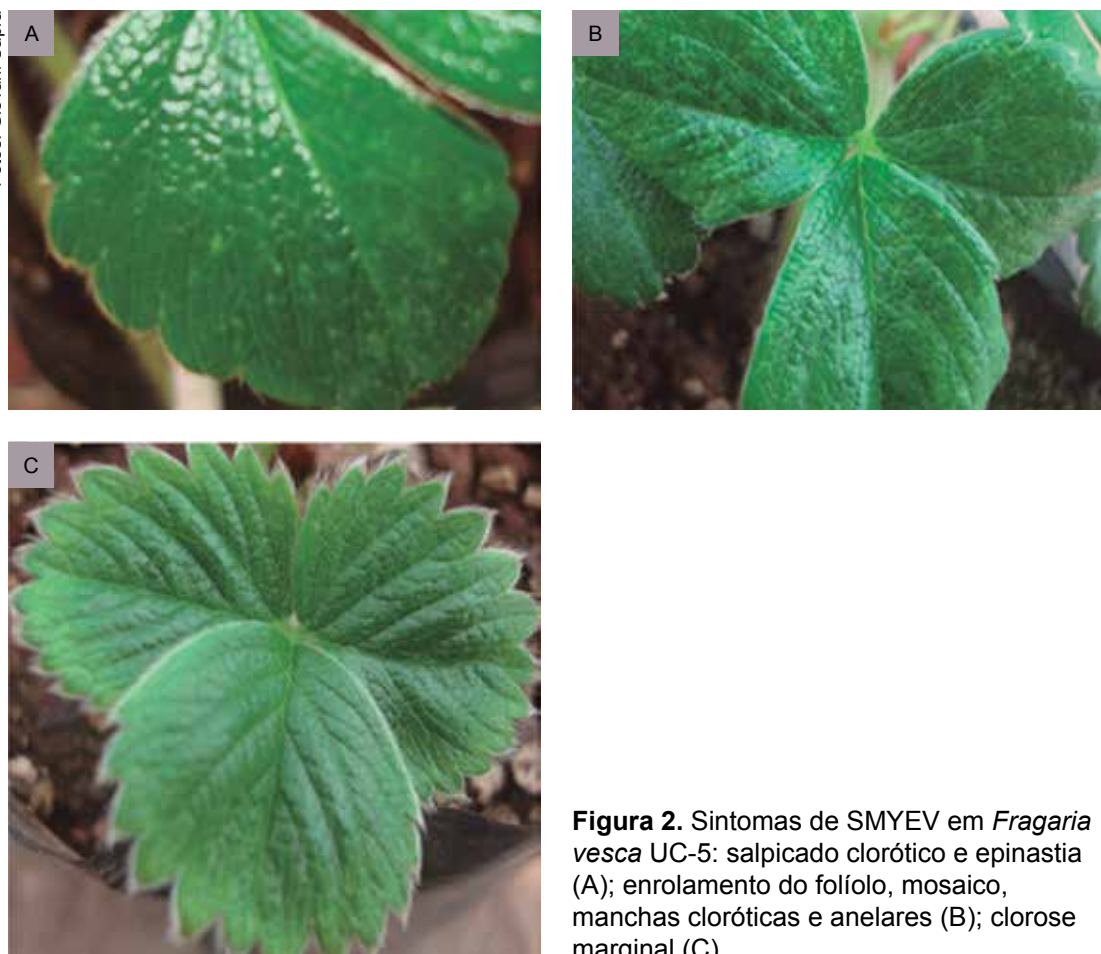
Um grupo de espécies, híbridos e clones de *Fragaria* spp. sensíveis a vírus de morangueiros reage fortemente, apresentando, às vezes, sintomas característicos, que permitem a diferenciação de espécies virais. Neste trabalho, foram utilizadas as plantas indicadoras



clone UC-5, um híbrido complexo de *Fragaria vesca*, *F. chiloensis* e *F. virginiana*, e o clone UC-10 de *F. virginiana*.

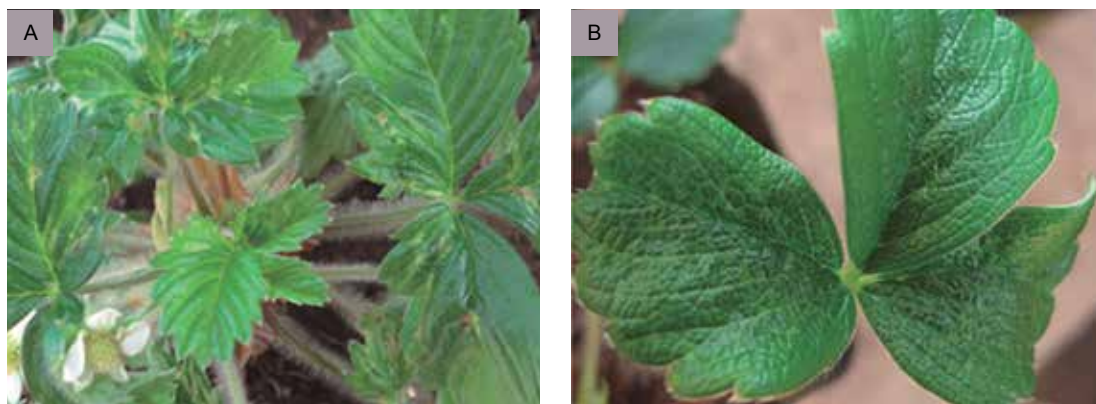
Na indicadora UC-5, SMYEV produz manchamento e salpicado cloróticos, manchas cloróticas e anelares, mosaico, enrolamento de folhas para baixo, clorose marginal e epinastia de folíolos jovens. Em UC-10, observa-se clorose marginal em folhas jovens (Figura 2).

Fotos: Giovani Capra



**Figura 2.** Sintomas de SMYEV em *Fragaria vesca* UC-5: salpicado clorótico e epinastia (A); enrolamento do folíolo, mosaico, manchas cloróticas e anelares (B); clorose marginal (C).

O clone UC-10 reage a SCV com a formação de manchas cloróticas e necróticas associadas às nervuras, encrespamento, distorção e deformação de folhas. Alguns isolados de SCV induzem manchas necróticas em estolões, pétalas e pecíolos foliares, além da formação de estrias necróticas. Em UC-5, observam-se mosaico, assimetria e epinastia foliares (Figura 3).



Fotos: Giovani Capra

**Figura 3.** Sintomas de SCV em *F. virginiana* UC-10, manchas cloróticas e necroses, clorose associada às nervuras, encrespamento e distorção de folíolos, deformação e epinastia foliar (A). Sintomas de SCV em *F. vesca* UC-5, mosaico e epinastia de folíolos (B).

Em UC-5, o sintoma predominante de SMOV é um salpicado de manchas cloróticas desuniformes e diminutas; os folíolos tornam-se levemente epinásticos. Em UC-10, um isolado da Alemanha provocou clareamento de nervuras, manchas, anéis e salpicado cloróticos e mosqueado. Em fase avançada da infecção, as plantas nanizadas apresentam folíolos pequenos, distorção de folhas, necrose de nervuras principais e definham (Figura 4).

O SVBV induz em *F. virginiana* clone UC-10 um típico bandeamento clorótico ou faixas cloróticas ao longo de nervuras principais e secundárias (Figura 5), folíolos assimétricos, encrespamento e clareamento de nervuras.

A característica do morangueiro de cultura semiperene de propagação vegetativa nos trópicos e subtrópicos torna-o sujeito a infecções múltiplas, causadas por vários vírus transmissíveis por vetores alados. Nos sistemas plurianuais de produção, essas infecções podem atingir 100% das plantas e reduzir substancialmente a produção e a qualidade das frutas. Em consequência, torna-se praticamente impossível um diagnóstico visual de disfunções virais em morangueiros, em plantios comerciais.

Alterações de cor da folhagem, como o “vermelhão”, mistura de matizes de vermelho-vinho e crescimento desuniforme, com o “coração” da planta permanecendo verde, frutas pequenas, deformação de folíolos e declínio de plantas podem ser indicativos da presença de palidose no plantio, em complexo com um ou mais vírus de morangueiros, transmitidos por pulgões. Enquanto infecções individuais produzem, em diferentes cultivares, alguns dos sintomas já mencionados, infecções por vários vírus geralmente levam ao declínio das

Fotos: Giovani Capra



**Figura 4.** Sintomas de SMOV em *F. virginiana* UC-10: encrespamento (A); mosqueado, manchas e salpicado cloróticos (B). Sintomas crônicos: folíolos pequenos, planta nanizada (C); planta sadia e planta com enfezamento (planta menor) (D).

plantas. O “vermelhão”, com seus outros componentes sintomáticos já mencionados, é um problema recorrente nas regiões produtoras de Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo na cultivar Camino Real. Os sintomas aparecem cerca de 30 a 50 dias depois do plantio em março/abril, para atingir de 30% a 60% das plantas em outubro/novembro. Em virtude da proximidade de plantios de tomate, é forte a presença de moscas-brancas nas lavouras de



morangos. Os sintomas (Figura 6) intensificam-se a cada novo plantio (comunicação pessoal)<sup>2</sup>. Essas características sugerem a possível associação do vírus da palidose do morangueiro com vírus transmitidos por pulgões.

Em face da tolerância a vírus pela grande parte das cultivares comerciais de morangueiros atualmente em uso, a manifestação de sintomas diagnósticos de vírus é escassa, particularmente aquela indicativa de infecção viral individual. Em determinadas cultivares, os vírus transmissíveis por pulgões em infecções individuais geralmente reduzem o vigor e a produção. Nessas cultivares, os vírus transmissíveis por pulgões em infecções individuais geralmente reduzem o vigor e a produção. Daí decorre a necessidade de avaliar criteriosamente a sanidade das plantas destinadas ao uso como matrizes para a produção de mudas via indexagens biológicas e testes sorológicos e moleculares.

Desde os primórdios do cultivo comercial de morangueiros em todos estados do Sul do País, infecções virais vinculadas à presença de pulgões tiveram papel de destaque na indução de expressivos danos econômicos. No Rio Grande do Sul, foi relatada a ocorrência de quatro vírus de morangueiros transmitidos por pulgões: SMYEV, SMoV, SVBV e SCV (BETTI et al., 1973).



Foto: Giovani Capra

**Figura 5.** Sintomas de SVBV em *F. virginiana* UC-10: bandeamento clorótico de nervuras.



Foto: Hécio Costa

**Figura 6.** Folhagem vermelha (sintoma chamado de “vermelhão” pelos produtores), frutas pequenas, clorose marginal e declínio de plantas, brotação nova permanece verde no centro da planta na cultivar Camino Real, em plantio comercial, Vitória, ES.

<sup>2</sup> Comunicação pessoal, via e-mail, dr. Hécio Costa, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, ES, 10/9/2008 a 3/10/2008.

Utilizando material básico isento de vírus, “certificado”, multiplicado e mantido em telados e campos isolados, além de material “comum”, não testado e mantido sem nenhuma proteção contra afídios, observou-se, em plantios formados de mudas comuns, a redução de produção de 45% e a presença de vírus em 83,8% das plantas, enquanto as plantas de mudas certificadas apresentavam uma incidência de vírus de 6,3%. Supõe-se que, além de SMoV, as plantas também estivessem infectadas por SMYEV. Ademais, as frutas das parcelas certificadas alcançavam melhor qualidade e melhor preço na comercialização (BETTI, 1972). Num experimento de produção com a cultivar Campinas, Betti et al. (1979) observaram que, isoladamente, as infecções individuais (SMoV, SVBV ou SMYEV) não afetaram significativamente o vigor, a quantidade e o peso médio das frutas. A infecção dupla (SMoV + SMYEV) reduziu a produção precoce de frutas, de maior valor comercial, em 26%, e em 15% a produção total obtida em 31 semanas de colheita. A infecção múltipla (SMoV, SMYEV e SVBV) reduziu a produção precoce e total em 78% e 68%, respectivamente. Embora geralmente se considere que infecções mistas são as que provocam mais danos ao morangueiro, há relatos de danos significativos causados por infecções individuais (MARTIN; TZANETAKIS, 2006; THOMPSON et al., 2003). Horn e Carver (1962) demonstraram redução significativa de produção de frutas de morangueiros ‘Hardliner’ inoculados, respectivamente, com SVBV e SMoV, de cerca de 66%. Aparentemente, a ocorrência de dano também decorre da virulência do isolado viral, do número de espécies virais presentes na infecção e da cultivar de morangueiro em questão. Na Polônia, isolados severos de SMoV reduziram a produção de morangos em 30% (MELLOR; KRCZAL, 1987). Certas cultivares geralmente tolerantes a vírus suportam uma infecção dupla de SMYEV e SMoV ou SVBV, mas sucumbem diante de infecções causadas por isolados severos desses três vírus (MARTIN ; TZANETAKIS, 2006). A presença de SMoV na mistura dos agentes presentes na infecção parece ser codeterminante do aumento da severidade dos danos (BARRITT ; LOO, 1973). Numa região de forte pressão de inóculo viral e ausência de controle de vetores, Daniels e Assis (1983) estabeleceram três lotes de morangueiros de acordo com a distância de uma fonte de inódulo (plantio infectado): 1) contíguos; 2) de 50 m a 300 m; e 3) a mais de 500 m de distância. Observaram, então, uma incidência média de vírus de 23%, 6% e 3%, respectivamente, no período de 7 a 9 meses do experimento. Em um dos lotes contíguos, a infecção alcançou 60% das plantas.

A transmissão por pulgões, portanto, comprovadamente, faz com que novos plantios sejam rapidamente recontaminados quando estabelecidos na proximidade de plantios antigos ou contaminados. Geralmente, as seguintes medidas são muito eficientes para evitar a infecção de lotes sadios: a) na produção de mudas, utilizar matrizes (plantas-mãe)

sadias, livres de vírus; b) produzir matrizes a partir de matrizes básicas oriundas de cultivo de meristemas; c) indexar as matrizes básicas em plantas indicadoras e analisá-las por testes laboratoriais e biológicos; d) propagar as matrizes básicas em telados à prova de pulgões; e) multiplicar as matrizes; e f) produzir mudas em locais afastados de plantios comerciais de morangos (BETTI, 1991; BETTI et al., 1992).

A propagação vegetativa do morangueiro e as características da relação vírus-vetores determinam a ocorrência de infecções múltiplas, que provocam a degenerescência, caracterizada por redução do vigor vegetativo, redução do crescimento radicular e definhamento da planta. Decorre desse fato a necessidade de renovação periódica dos plantios com mudas sadias, para garantir a rentabilidade do plantio comercial.

Entre as estratégias de controle de doenças virais utilizadas no mundo atualmente, destaca-se a produção de material básico isento de vírus. Desse material derivam-se as matrizes produtoras de mudas sadias. O método mais utilizado para isso é a cultura de ápices meristemáticos *in vitro*. O meristema é uma cúpula de tecido não vascularizado, em ativa divisão celular, no ápice de raízes, hastes e brotações laterais das plantas. Embora, na prática, explantes de cerca de 0,1 mm a 1 mm sejam removidos para cultivo *in vitro*, explantes axilares ou apicais de estolões de morangueiros, de tamanho médio de 0,3 mm a 0,7 mm, geralmente resultam em maior sobrevivência e maior proporção de plântulas regeneradas livres de vírus (SLACK, 1980).

Há inúmeros relatos de eliminação de vírus via cultivo de meristemas em morangueiros. Depois de ter sido demonstrado, na metade do século passado, que os vírus de plantas eram inativados pelo calor, o procedimento passou a ser usado amplamente no estabelecimento de blocos nucleares de material básico isento de vírus. Na sequência, vários autores relataram que a combinação do cultivo de ápices meristemáticos com o tratamento térmico confere aumento da eficácia de eliminação de vírus, e os morangueiros regenerados desenvolvem-se mais rapidamente do que os controles virosados (CIESLINSKA, 2002; MULLIN et al., 1974; SOBCZYKIEWICZ, 1979). Em estudo de eliminação de SMYEV de morangueiros da cultivar Hood, foram observados os seguintes resultados: a) relação linear direta entre o tempo de exposição das plantas a 38 °C e a taxa de eliminação de SMYEV nas plantas regeneradas; e b) a infecção por SMYEV nas plantas regeneradas de meristemas excisados de plantas submetidas ao tratamento térmico diminuiu quando diminuiu o tamanho do explante (CONVERSE; TANNER, 1984; MULLIN et al., 1976). Os autores observaram que os dois tratamentos atuam de forma independente para reduzir a incidência de SMYEV. Entretanto,

não há uma regra geral – o efeito de ambos os procedimentos pode variar conforme a cultivar, a temperatura, o tempo de tratamento, o isolado viral e a espécie do vírus.

Regeneradas as plantas tratadas, segue-se a fase de avaliação de sua sanidade. Pouco tempo depois do reconhecimento da relevância prática do cultivo de ápices meristemáticos, meio século atrás, constatou-se que, ao contrário do que se assumia geralmente como válido, meristemas podem não estar completamente livres de vírus. Walkey e Webb (1968) demonstraram a presença de partículas e túbulos de SLRSV (Tabela 1) em meristemas de *Chenopodium quinoa* e *Cucumis sativus*. *Raspberry bushy dwarf virus* (RBDV) invade primórdios foliares e todos os tecidos meristemáticos da framboesa (WANG et al., 2008). As evidências da presença de vírus em meristemas acumulam-se em vários estudos. Entretanto, há relatos de que meristemas nos quais se constatou infecção viral deram origem a plantas sadias, após contato dos meristemas com o meio de cultivo (QUAK, 1977).

Esses fatos fundamentam a necessidade de que os métodos de avaliação de sanidade, além de serem sensíveis e específicos, fossem complementares. A confiabilidade da seleção de plantas sadias, testadas por testes imunoenzimáticos e moleculares, após a termoterapia, é afetada pelo título viral. Depois do tratamento térmico, algumas plantas regeneradas de meristemas podem apresentar absorbância ( $A_{405nm}$ ) próxima ao controle negativo ou ter título viral abaixo do limite de detecção por ELISA, que, na sequência da termoterapia, volta a subir (CONVERSE; TANNER, 1984; GILLES; VERHOYEN, 1992; KNAPP et al., 1995; MILLER ; BELKENGREN, 1963). Disso resulta que a definição do que é uma reação negativa deve ser muito criteriosa. Reduzir o valor da relação positivo/negativo para avaliar reações positivas ou negativas pode, por exemplo, reduzir a probabilidade de resultado falso negativo (WANG et al., 2008).

Os testes biológicos de sanidade utilizam espécies, híbridos e clones de morangueiros silvestres, como *F. vesca*, *F. vesca* var. *semperflorens*, *F. virginiana* e *F. chiloensis*, nos quais se realiza enxertia de folhas com material proveniente da planta a ser indexada (CONVERSE, 1987). Três indexagens negativas, independentes e separadas são recomendadas para a seleção de matriz básica livre de vírus detectáveis. Daí ser pertinente inserir, na avaliação, uma inoculação mecânica em plantas hospedeiras herbáceas.

Testes moleculares, iniciadores de PCR e protocolos de PCR, RT-PCR e IC-RT-PCR estão estabelecidos para a maior parte dos principais vírus de morangueiros (KADEN-KREUZIGER



et al., 1995; MAHMOUDPOUR, 2004; MARTIN; TZANETAKIS, 2013; SCHOEN; LEONE, 1995; THOMPSON et al., 2003; THOMPSON; JELKMANN, 2003; TZANETAKIS et al., 2003). Antes de serem recomendados, iniciadores de reação devem ser validados para o diagnóstico de um amplo espectro de isolados virais, já que, provavelmente, só uma porção pequena da sequência viral é conservada e adequada para a detecção de todos ou da maior parte dos isolados de um vírus. O mesmo é válido para ELISA e as diversas variantes do teste imunoenzimático, nas quais tanto anticorpos monoclonais quanto policlonais podem falhar na captura do antígeno, em virtude da especificidade dos anticorpos. Wang et al. (2006) relatam que sondas biotiniladas de cDNA em hibridação *dot-blot* apresentam maior sensibilidade e especificidade do que ELISA na avaliação de plantas submetidas a termoterapia/cultivo de meristemas para a eliminação de vírus. Testes moleculares envolvendo *Fragaria* spp. devem ser cercados de precaução. Espécies desse gênero são especialmente recalcitrantes para a extração de ácidos nucleicos e vírus, provavelmente por causa do seu alto teor de metabólitos secundários, como taninos, polifenóis e polissacarídeos. Os problemas gerados por esses compostos levam comumente a inconsistências nas reações de detecção de vírus por (RT-) PCR, falsos negativos e dificuldades na reprodução de resultados relatados por vários autores (MRAZ et al., 1999; POREBSKI et al., 1997; POSTHUMA et al., 2001). Nesses casos, a passagem do inóculo para uma hospedeira herbácea pode ser necessária (RICHARDSON; SYLVESTER, 1988; SCHOEN; LEONE, 1995; THOMPSON et al., 2003).

Avaliações de sanidade de matrizes de morangueiros devem ser repetidas regularmente, considerando-se que plantas submetidas à eliminação de vírus não são imunes à infecção e podem, então, ser reinfectadas. Para reduzir esse risco, especialmente no caso de vírus transmitidos por vetores alados, é importante estabelecer um isolamento entre a produção de matrizes destinadas à produção de mudas e a zona de plantio comercial. A proteção de matrizes básicas por telados com tela antiafídica impede o acesso de vetores de vírus e a reinfecção. O uso de material micropropagado contribui para reduzir a presença de patógenos, como fungos de folhas e raízes, bactérias e nematoides.

O Grupo Internacional de Trabalho sobre Pequenas Frutas, da International Society of Horticultural Science (MARTIN, 2004), fez os testes laboratoriais e apresentou recomendações precisas sobre as plantas indicadoras recomendadas para a avaliação de sanidade do material básico de morangos.

## Referências

- ARAÚJO, E.; BENATTO, A.; KUHN, T. M.; MOGOR, A. F.; ZAWADNEAK, M. A. C. Afídeos associados à cultura do morangueiro em sistema orgânico na região metropolitana de Curitiba. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 5.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 4., Pelotas, 2010. **Palestras e resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. p. 205.
- BARRITT, B. H.; LOO, H. Y. Effects of mottle, crinkle and mild yellow edge viruses on growth and yield of Hood and Northwest strawberries. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 53, n. 3, p. 605-607, 1973.
- BERTELS, A.; BAUCKE, O. Segunda relação das pragas das plantas cultivadas no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 1, p. 17-46, 1966.
- BETTI, J. A. Incidência do vírus do mosqueado em plantações de morangueiro no Estado de São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, v. 5, p. 150-152, 1972.
- BETTI, J. A. Obtenção de material propagativo vegetal testado livre de vírus. In: CROCOMO, O. J.; SHARP, W. R.; MELO, M. **Biotechnology para produção vegetal**. Piracicaba: Centro de Biotecnologia Agrícola-Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiróz, 1991. p. 145-170.
- BETTI, J. A.; CAMARGO, A. S.; COSTA, A. S.; ALVES, S. Efeito isolado de três vírus e de dois complexos de vírus no vigor e na produção do morangueiro cultivar Campinas. **Summa Phytopathologica**, v. 5, n. 3/4, p. 159-164, 1979.
- BETTI, J. A.; COSTA, A. S.; PASSOS, F. A. Indexação de viroses de germoplasma de morangueiro introduzido no Instituto Agrônomo de 1983-1989. **Summa Phytopathologica**, v. 18, n. 1, p. 45, 1992. Resumo 70.
- BETTI, J. A.; KITAJIMA, E. W.; COSTA, A. S.; SANTOS, A. M. Determinação de 4 viroses no morangueiro 'Pelotas', cultivado no Rio Grande do Sul. **Fitopatologia**, v. 8, n. 3, p. 288, 1973. Resumo.
- CARVALHO, A. M. B.; COSTA, A. S. Ocorrência do vírus do mosqueado do morangueiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 20, n. 19, p. 563-578, 1961.
- CASTRO, R. L. de. Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2.; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS, 1., 2004, Pelotas. **Palestras...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 21-35.
- CIESLINSKA, M. Elimination of *Apple chlorotic leaf spot virus* (ACLSV) from pear by in vitro thermotherapy and chemotherapy. **Acta Horticulturae**, v. 596, p. 481-484, 2002.
- CONVERSE, R. H. Detection and elimination of virus and viruslike diseases in strawberry. In: CONVERSE, R. H. (Ed.). **Virus diseases of small fruits**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1987. p. 2-10.
- CONVERSE, R. H.; MARTIN, R. R.; TANNE, E.; SPIEGEL, S. *Tobacco necrosis virus* in strawberry. In: CONVERSE, R. H. (Ed.). **Virus diseases of small fruits**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1987. p. 64-66.
- CONVERSE, R. H.; TANNE, E. Heat therapy and stolon apex culture to eliminate *Mild yellow edge* virus from Hood strawberry. **Phytopathology**, v. 74, n. 11, p. 1315-1316, 1984.
- DANIELS, J.; ASSIS, M. de. **Reinfecção de morangueiros por vírus no município de Pelotas-RS**. Pelotas: EMBRAPA-UEPAE de Cascata, 1983. 5 p. (EMBRAPA-UEPAE de Cascata. Comunicado Técnico, 36).
- DANIELS, J.; ASSIS, M. Incidência de viroses em morangais da encosta do sudeste do Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, v. 4, p. 103, 1979. Suplemento.
- ENGELBRECHT, D. Studies on virus diseases of strawberries in the western Cape Province: II. The latent period of mild yellow-edge and crinkle viruses in the vector *Chaetosiphon fragaefolii* (Ckll). **South African Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 575-582, 1967.

FRÁNOVÁ-HONETSLEGROVÁ, J.; SPAK, M.; ERBENOVÁ, J.; NEBESÁROVÁ, J.; MARTIN, R. R. Detection and identification of *Tobacco necrosis virus* in strawberry leaves in the Czech Republic. **Acta Horticulturae**, v. 471, p. 39-43, 1998.

FRAZIER, N. W. Strawberry leafroll. In: CONVERSE, R. H. (Ed.). **Virus diseases of small fruits**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1987. p. 61-62.

FRAZIER, N. W. *Strawberry vein banding virus*. **Phytopathology**, v. 45, p. 307-312, 1955.

GILLES, G. L.; VERHOYEN, M. **Viroses et maladies apparentées des arbres fruitiers et ornementaux**: assainissement et selection. Bruxelles: Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture, 1992. 166 p.

HORN, N. L.; CARVER, R. G. Effect of three viruses on plant production and yields of strawberries. **Plant Disease Reporter**, v. 46, p. 762-775, 1962.

HUNTER, B. G.; RICHARDSON, J.; DIETZGEN, R. G.; KARU, A.; SYLVESTER, E. S.; JACKSON, A. O.; MORRIS, T. J. Purification and characterization of *Strawberry crinkle virus*. **Phytopathology**, v. 80, n. 3, p. 282-287, 1990.

JELKMANN, W.; MAISS, E.; MARTIN, R. R. The nucleotide sequence and genome organization of strawberry mild yellow edge-associated potexvirus. **Journal of General Virology**, v. 73, p. 475-479, 1992.

JELKMANN, W.; MARTIN, R. R.; LESEMANN, D.-E.; VETTEN, H.-J.; SKELTON, F. A new potex virus associated with strawberry mild yellow edge disease. **Journal of General Virology**, v. 71, p. 1251-1258, 1990.

KADEN-KREUZIGER, D.; LAMPRECHT, S.; MARTIN, R. R.; JELKMANN, W. Immunocapture polymerase chain reaction assay and ELISA for the detection of strawberry mild yellow edge associated potexvirus. **Acta Horticulturae**, v. 385, p. 33-38, 1995.

KITAJIMA, E. W.; BETTI, J. A.; COSTA, A. S. Isometric, virus-like particles in leaf tissues of *Fragaria vesca* L. infected with *Strawberry mottle virus*. **Ciência & Cultura**, v. 23, n. 5, p. 649-655, 1971.

KITAJIMA, E. W.; BETTI, J. A.; COSTA, A. S. Strawberry vein-banding virus, a member of the cauliflower mosaic virus group. **Journal General Virology**, v. 20, p. 117-119, 1973.

KNAPP, E.; HANZER, V.; WEISS, H. H.; MACHADO, A. da C.; WEISS, B.; WANG, Q.; KATINGER, H.; MACHADO, M. L. da C. New aspects of virus elimination in fruit trees. **Acta Horticulturae**, v. 386, p. 409-417, 1995.

KRCZAL, H. Investigations on the biology of the strawberry aphid (*Chaetosiphon fragaefolii*) the most important vector of strawberry viruses in West Germany. **Acta Horticulturae**, v. 129, p. 63-68, 1982.

KRCZAL, H. Transmission of the strawberry mild yellow edge and crinkle virus by the strawberry aphid *Chaetosiphon fragaefolii*. **Acta Horticulturae**, v. 95, p. 23-30, 1979.

LAMPRECHT, S.; JELKMANN, W. Infectious cDNA clone used to identify strawberry mild yellow edge-associated potexvirus as causal agent of the disease. **Journal of General Virology**, v. 78, p. 2347-2353, 1997.

MAHMOUDPOUR, A. Diagnosis and quantification of *Strawberry vein banding virus* using molecular approaches. **Acta Horticulturae**, v. 656, p. 69-74, 2004.

MARTIN, R. R. Recommended procedures for detection of viruses of small fruit crops. **Acta Horticulturae**, v. 656, p. 199-207, 2004.

MARTIN, R. R.; HOKANSON, S. C.; MAAS, J. L.; HEFLEBOWER, R. F.; ROUSE, R. Survey of strawberry viruses occurring in commercial plantings in the State of Maryland, USA. **Acta Horticulturae**, v. 551, p. 71-74, 2001.

MARTIN, R. R.; TZANETAKIS, I. E. Characterization and recent advances in detection of strawberry viruses. **Plant Disease**, v. 90, n. 4, p. 384-396, 2006.

MARTIN, R. R.; TZANETAKIS, I. E. High risk strawberry viruses by region in the United States and Canada: implications for certification, nurseries, and fruit production. **Plant Disease**, v. 97, n. 10, p. 1358-1362, 2013.

MELLOR, F. C.; KRCZAL, H. Strawberry mottle. In: CONVERSE, R. H. (Ed.). **Virus diseases of small fruits**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1987. p. 10-16.

MILLER, P. W.; BELKENGREN, R. O. Elimination of yellow edge, crinkle, and veinbanding viruses and certain other virus complexes from strawberries by excision and culturing of apical meristems. **Plant Disease Reporter**, v. 47, n. 4, p. 298-300, 1963.

MOYER, C.; WHITAKER, V. M.; PERES, N. **Viral diseases of strawberries**. Gainesville: University of Florida, 2010. p. 1-7. (PP273).

MRAZ, I.; PETRZIK, K.; CHVALOVA, D.; SIP, M.; FRANOVA, J. Experiences with testing of *Strawberry veinbanding virus* in strawberries by PCR and dot-blot hybridization. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, v. 106, n. 3, p. 231-236, 1999.

MULLIN, R. H.; FRAZIER, N. W.; SCHLEGEL, D. E. Heat treatment increases the success of strawberry meristem tip culture. **Proceedings of the American Phytopathological Society**, v. 2, p. 116, 1976. Resumo.

MULLIN, R. H.; SMITH, S. H.; FRAZIER, N. W.; SCHLEGEL, D. E.; MCCALL, S. R. Meristem culture frees strawberries of mild yellow edge, pallidosis and mottle diseases. **Phytopathology**, v. 64, p. 1425-1429, 1974.

NICKEL, O.; SILVA, S. W. da; FAJARDO, T. V. M. *Strawberry crinkle virus* em morangueiros. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, p. S267, 2009. Suplemento. Resumo 901.

POREBSKI, S.; BAILEY, L. G.; BAUM, B. R. Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components. **Plant Molecular Biology Reporter**, v. 15, n. 1, p. 8-15, 1997.

POSTHUMA, K. I.; HONG, Y. G.; ADAMS, A. N. Molecular detection of *Strawberry crinkle virus*. **Acta Horticulturae**, v. 551, p. 75-79, 2001.

QUAK, F. Meristem culture and virus-free plants. In: REINER, J.; BAJAJ, Y. P. S. **Applied and fundamental aspects of plant cell, tissue and organ culture**. New York: Springer Verlag, 1977. p. 598-615.

RICHARDSON, J.; SYLVESTER, E. S. Successful juice inoculation of the aphid-vectored strawberry crinkle virus. **California Agriculture**, v. 42, n. 5, p. 6-7, 1988.

SCHOEN, C. D.; LEONE, G. Towards molecular detection methods for aphid-borne strawberry viruses. **Acta Horticulturae**, v. 385, p. 55-63, 1995.

SCHOEN, C. D.; LIMPENS, W.; MOLLER, I.; GROENEVELD, L.; KLERKS, M. M.; LINDNER, J. L. The complete genomic sequence of *Strawberry crinkle virus*, a member of the *Rhabdoviridae*. **Acta Horticulturae**, v. 656, p. 45-49, 2004.

SILVA, F. N. da; NICKEL, O.; BOGO, A.; FAJARDO, T. V. M. Ocorrência de viroses em morangos no Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. S144, 2006. Suplemento.

SLACK, S. A. Pathogen-free plants by meristem-tip culture. **Plant Disease**, v. 64, n. 1, p. 14-17, 1980.

SOBCZYKIEWICZ, D. Heat treatment and meristem culture for the production of virus-free strawberry plants. **Acta Horticulturae**, v. 95, p. 79-82, 1979.

SPIEGEL, S.; COHEN, J.; CONVERSE, R. H. Detection of *Strawberry mild yellow edge virus* by serologically specific electron microscopy. **Acta Horticulturae**, v. 186, p. 95-96, 1986.

STACE-SMITH, R.; CONVERSE, R. H.; JOHNSON, H. A. *Tobacco streak virus* in strawberries. In: CONVERSE, R. H. (Ed.). **Virus diseases of small fruits**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1987. p. 57-60.

STENGER, D. C.; MULLIN, R. H.; MORRIS, T. J. Characterization and detection of the strawberry necrotic shock isolate of *Tobacco streak virus*. **Phytopathology**, v. 77, n. 9, p. 1330-1337, 1987.

- STENGER, D. C.; MULLIN, R. H.; MORRIS, T. J. Isolation, molecular cloning, and detection of *Strawberry vein banding virus* DNA. **Phytopathology**, v. 78, p. 154-159, 1988.
- THOMPSON, J. R.; JELKMANN, W. The detection and variation of *Strawberry mottle virus*. **Plant Disease**, v. 87, n. 4, p. 385-390, 2003.
- THOMPSON, J. R.; LEONE, G.; LINDNER, J. L.; JELKMANN, W.; SCHOEN, C. D. Characterization and complete nucleotide sequence of *Strawberry mottle virus*: a tentative member of a new family of bipartite plant picorna-like viruses. **Journal of General Virology**, v. 83, p. 229-239, 2002.
- THOMPSON, J. R.; WETZEL, S.; KLERKS, M. M.; VASKOVÁ, D.; SCHOEN, C. D.; SPAK, J.; JELKMANN, W. Multiplex RT-PCR detection of four aphid-borne viruses in *Fragaria* spp. in combination with a plant mRNA specific internal control. **Journal of Virological Methods**, v. 111, n. 2, p. 85-93, 2003.
- TZANETAKIS, I. E.; HALGREN, A. B.; KELLER, K. E.; WINTERMANTEL, W. M.; MARTIN, R. R. Two criniviruses are associated with the strawberry pallidosis disease. **Acta Horticulturae**, v. 656, p. 21-21, 2004a.
- TZANETAKIS, I. E.; MACKEY, I. C.; MARTIN, R. R. *Strawberry necrotic shock virus* is a distinct virus and not a strain of *Tobacco streak virus*. **Archives of Virology**, v. 149, p. 2001-2011, 2004b.
- TZANETAKIS, I. E.; MARTIN, R. R. First report of strawberry as a natural host of *Apple mosaic virus*. **Plant Disease**, v. 89, n. 4, p. 431, 2005a.
- TZANETAKIS, I. E.; MARTIN, R. R. New features of the genus Ilarvirus revealed by the nucleotide sequence of *Fragaria chiloensis* latent virus. **Virus Research**, v. 112, n. 1-2, p. 32-37, 2005b.
- TZANETAKIS, I. E.; WINTERMANTEL, W. M.; MARTIN, R. R. First report of beet pseudo yellows virus in strawberry in the United States: a second crinivirus able to cause pallidosis disease. **Plant Disease**, v. 87, n. 11, p. 1398, 2003.
- WALKEY, D. G. A.; WEBB, M. J. W. Virus in plant apical meristems. **Journal of General Virology**, v. 3, n. 2, p. 311-313, 1968.
- WANG, L.; WANG, G.; HONG, N.; TANG, R.; DENG, X. Effect of thermotherapy on elimination of *Apple stem grooving virus* and *Apple chlorotic leaf spot virus* from in vitro-cultured pear shoot tips. **HortScience**, v. 41, n. 3, p. 729-732, 2006.
- WANG, Q.; CUELLAR, J. W. J.; RAJAMÄKI, M.-L.; HIRATA, Y.; VALKONEN, J. P. T. Combined thermotherapy and cryotherapy for efficient virus eradication: relation of virus distribution, subcellular changes, cell survival and viral RNA degradation in shoot tips. **Molecular Plant Pathology**, v. 9, n. 2, p. 237-250, 2008.
- WINTERMANTEL, W. M. **Emergence of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) transmitted Criniviruses as threats to vegetable and fruit production in North America**. Saint Paul: APS, 2004. Disponível em: <<http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/GreenhouseWhitefly.aspx>>. Acesso em: 11 jun. 2004.
- YOSHIKAWA, N.; OHKI, S. T.; KOBATAKE, H.; OSAKI, T.; INOUE, T. Luteovirus-like particles in phloem tissue of *Strawberry mild yellow edge virus* infected plants. **Japanese Journal of Phytopathology**, v. 50, n. 5, p. 659-663, 1984.



CAPÍTULO

19

# Manuseio pós-colheita

Rufino Fernando Flores Cantillano





## Introdução

Agricultura moderna é aquela que é capaz de fornecer produtos de alta qualidade e suficientemente seguros para os consumidores, ao mesmo tempo que preserva o meio ambiente e garante o bem-estar dos trabalhadores no campo. Nos tempos atuais, a produção e o consumo de alimentos saudáveis, especialmente frutas, tornou-se uma oportunidade viável de investimento na agricultura (FLORES CANTILLANO; CASTAÑEDA, 2005).

Frutas e hortaliças permanecem vivas após a colheita; estão, portanto, sujeitas a importantes processos físicos e fisiológicos na pós-colheita, como a respiração e a transpiração. Isso significa que estão submetidas a mudanças constantes após a colheita, na maioria das vezes de caráter irreversível. Algumas mudanças são desejáveis, pois contribuem para melhorar o aspecto, o sabor e o aroma; entretanto, a maioria dessas mudanças não é desejável, pois elas contribuem para a perda da qualidade (LIZANA, 1975).

O alto conteúdo de água na maioria das frutas torna-as: a) suscetíveis à desidratação; b) altamente resistentes a mudanças de temperatura em virtude do alto calor específico da água; c) suscetíveis a danos mecânicos, resultantes da suculência dos tecidos; e d) suscetíveis ao ataque de patógenos, em virtude do substrato formado pelo conteúdo de água, açúcares e ácidos durante o amadurecimento, o transporte, o armazenamento e a comercialização.

O morango é uma fruta altamente perecível, com elevada taxa respiratória e curta vida pós-colheita. Danos mecânicos, feridas e batidas durante a colheita, o transporte e a comercialização deixam a fruta suscetível ao ataque de microrganismos, causando perdas nutritivas, qualitativas e econômicas (FLORES CANTILLANO et al., 2003).

A qualidade dos morangos está condicionada a fatores de pré- e pós-colheita. Assim, práticas culturais, adubação, tratamentos fitossanitários, qualidade da muda, condições climáticas e disponibilidade de água são fatores de pré-colheita importantes para se obter um produto com uma qualidade aceitável.

Entre os fatores de pós-colheita de mais destaque estão: o ponto adequado de colheita, o manejo cuidadoso da fruta, a temperatura e a umidade relativa corretas e sem flutuação durante o armazenamento refrigerado. Diferentes tecnologias, como atmosfera controlada, atmosfera modificada, atmosfera dinâmica, tratamentos de pré-acondicionamento com CO<sub>2</sub> e uso de irradiação, estão sendo estudadas com o objetivo de manter em melhores condições a qualidade da fruta que chega ao consumidor (FLORES CANTILLANO; SILVA, 2010).

## Fatores fisiológicos que afetam a qualidade do morango

### Respiração

Os morangos, durante sua vida no campo, respiram e continuam a fazê-lo durante sua vida pós-colheita. A respiração é o conjunto de processos metabólicos mediante os quais as células obtêm energia a partir da oxidação de moléculas combustíveis. Os morangos apresentam uma alta taxa respiratória (aproximadamente de 6 mg a 10 mg de  $\text{CO}_2/\text{kg.hr}$  a 0 °C), a qual aumenta de quatro a cinco vezes quando a temperatura sobe para 10 °C, e até dez vezes se a temperatura alcança 20 °C (MITCHAM et al., 2003). A taxa respiratória aumenta em 50% quando a fruta passa de imatura para madura, e o aumento também ocorre quando os morangos sofrem danos mecânicos.

De acordo com o padrão respiratório e a taxa de produção de etileno, as frutas podem ser divididas em climatéricas e não climatéricas (BIALE, 1960). Nas frutas climatéricas, há uma diminuição constante da respiração, desde a etapa de crescimento e desenvolvimento até a colheita. Logo após a colheita, em algumas espécies, ocorre um aumento significativo da taxa respiratória, até alcançar um máximo, para, em seguida, diminuir. Paralelamente, ocorre um aumento na produção de etileno. Nas frutas não climatéricas, ocorre uma diminuição gradual da respiração, porém não há produção de etileno endógeno nos níveis das frutas climatéricas (BIALE, 1960; KADER, 1992). Entre as frutas climatéricas, arrolam-se as seguintes: maçã, pera, manga, banana, pêssigo, damasco, abacate, figo, kiwi, melão, mamão, ameixa e tomate. Entre as não climatéricas, estão: morango, frutas cítricas, cereja, uva e abacaxi (KADER, 1992). No caso do morango, a taxa de produção do etileno é inferior a 0,1  $\mu\text{L}/\text{C}_2\text{H}_4/\text{kg.hr}$  a 20 °C. Ele não responde ao etileno para estimular o processo de maturação, mas deve ser retirado do local de armazenamento para evitar o aumento de podridões (MITCHAM et al., 2003).

Em geral, as frutas não climatéricas, como o morango, não aumentam suas características organolépticas após a colheita. Portanto, devem ser colhidas maduras (maturação de consumo), ou seja, quanto à textura e ao sabor; prontas, então, para serem consumidas. Os frutos climatéricos, em geral, durante a colheita não estão apropriados ao consumo, mas sofrem mudanças durante a pós-colheita, que os tornam aptos para o consumo (FLORES CANTILLANO et al., 2003).

## Transpiração

A transpiração é um processo físico caracterizado pela perda de água, na forma de vapor, dos tecidos do fruto, provocando uma perda qualitativa e quantitativa do produto. Pode causar perda de peso, enrugamento, ressecamento e amolecimento do fruto. A porcentagem máxima de perda de água aceitável é de 6% de seu peso na colheita; havendo mais do que isso, o morango torna-se inaceitável no comércio. A perda de peso, em frutas e hortaliças, depende do tipo de produto, do tamanho, da composição e da estrutura, da temperatura do fruto e do ar no ambiente, assim como da velocidade de movimentação do ar (CLAYPOOL, 1975). O morango, em virtude do seu tamanho, apresenta grande superfície exposta para a transpiração em comparação com seu peso. Além disso, não possui camada epidérmica protetora que possa dificultar a perda de água, sendo uma fruta com alto teor de água (90%). Dessa forma, a água do interior da fruta flui para o meio ambiente, normalmente com menor umidade, causando a desidratação do produto.

## Fatores de qualidade no morango durante a maturação

A maturação é um conjunto de mudanças físico-químicas e fisiológicas características de cada espécie de fruta. Os atributos sensoriais são fatores importantes na qualidade, entre eles a aparência (tamanho, forma e cor), o sabor, a textura, o aroma e a ausência de defeitos (SHAMAILA et al., 1992). O sabor do morango é um dos mais importantes aspectos de qualidade exigidos pelo consumidor, sendo condicionado, em parte, pelo balanço açúcar/acidez da fruta (LIMA, 1999; SHAW, 1990). A avaliação desses atributos é feita por meio de análises, graças a sua precisão.

A cor atrativa do morango é devida à presença de antocianinas, que são pigmentos naturais derivados de açúcares (MONTERO et al., 1996). Com o avanço da maturação, ocorre a destruição da clorofila (expressa pela cor verde) e a síntese das antocianinas (expressa pela cor vermelha). A presença desse pigmento é um indicador do grau de maturação da fruta.

A textura é determinada pela estrutura dos polissacarídeos (substâncias pécticas), que variam de teor durante o amadurecimento da fruta (LIMA, 1999). A perda da firmeza durante a maturação é o principal fator que determina a qualidade do morango e sua vida pós-colheita. A relação entre a composição dos carboidratos, a estrutura celular e as

propriedades físicas dos tecidos, já por si complexa, fica mais complicada com o aumento do volume celular, o qual continua durante a maturação. Além disso, a síntese de poliuronídeos na maturação da fruta pode mascarar algumas mudanças ocorridas nos polímeros da parede celular.

Os ácidos podem alterar diretamente o sabor, sendo também importantes no processamento, pois podem ocasionar a perda do sabor e afetar as propriedades de geleificação das pectinas. Ademais, os ácidos regulam o pH celular e podem influenciar o aparecimento de pigmentos na fruta. Os principais ácidos presentes no morango são os ácidos cítrico e málico. O morango também é uma excelente fonte de vitamina C, que predomina na forma de ácido L-ascórbico (60 mg por 100 mg) (LIMA, 1999).

A glicose, a sacarose e a frutose compõem mais do 99% do total de açúcares no morango já maduro (MANIKEN; SÖDERLING, 1980). Os minerais de maior predominância são o cálcio e o fósforo (LIMA, 1999).

Estudos indicam que o conteúdo total de açúcares aumenta significativamente até que a fruta esteja totalmente madura; no entanto, a acidez total declina, e o ácido ascórbico aumenta. É importante reconhecer o estado ótimo de maturação da fruta. Por isso, têm sido feitos esforços no sentido de correlacionar a maturação do morango com os valores de acidez e o balanço açúcar/acidez. O sabor do morango está condicionado, em parte, pelo balanço entre os sólidos solúveis e a acidez titulável, quando a fruta está madura. Alguns pesquisadores têm tentado estabelecer um método simples para avaliar a qualidade do morango, obtendo uma boa correlação entre o sabor, o índice refratométrico e a acidez total (ALAVOINE; CROCHON, 1989).

## Índices de maturação e manuseio na colheita

A época de colheita depende da cultivar e do clima na região de cultivo, que varia de abril a outubro em regiões quentes, e pode estender-se até dezembro em regiões frias, como o Sul do Brasil (FLORES CANTILLANO, 2006) .

A colheita do morango é uma das operações mais delicadas e importantes de todo o ciclo da cultura. Se feita de forma inadequada, poderá ser perdido todo o esforço despendido nas outras etapas do cultivo. As frutas do morangueiro são muito delicadas e pouco

resistentes, em virtude da sua epiderme delgada, da grande porcentagem de água e do alto metabolismo, o que exige muitos cuidados durante a colheita (RONQUE, 1998). Se colhidos em estado de maturação avançada, os morangos poderão chegar com podridão ao mercado consumidor. Se colhidos imaturos, terão alta acidez, adstringência e ausência de aroma. Em ambos os casos, o morango chega ao mercado com baixo valor comercial.

A colheita começa aproximadamente entre 60 e 80 dias após o plantio das mudas, dependendo das condições climáticas, do tipo de solo, dos tratos culturais, do método de produção de mudas e da cultivar, e pode-se prolongar por 4 a 6 meses, em razão do fotoperíodo, da disponibilidade de água e da qualidade fitossanitária.

A colheita é feita de forma manual, no ponto de colheita “maduro” para fins industriais, e de  $\frac{1}{2}$  maduro a  $\frac{3}{4}$  maduro para comercialização in natura (LIMA, 1999). A cor é o parâmetro mais importante para definir o ponto de colheita dos morangos (Figuras 1 e 2). De modo geral, os morangos devem ter no mínimo 75% de cor vermelho-brilhante na superfície da fruta, quando destinada para consumo fresco (BALBINO; COSTA, 2004; MITCHAM et al., 2003; MITCHELL, 1992; RONQUE, 1998). O ponto de colheita pode variar também conforme o tempo e a distância gastos com o transporte, a temperatura ambiente, a cultivar e a finalidade do produto (consumo in natura, industrialização, mercado interno, exportação, etc.). Dependendo das condições climáticas, a colheita pode ser feita diariamente ou, no máximo, a cada 3 dias, para se obter um ponto de maturação uniforme. Isso é importante, pois, como o morango é uma fruta de tipo não climatérico, deve ser colhido no momento mais próximo da sua maturação, para que suas características organolépticas se expressem de forma total. Quando colhido imaturo, permanecerá como tal (FLORES CANTILLANO, 2006).

Durante a colheita, deve-se considerar sempre a característica



**Figura 1.** Fases fenológicas do morango.

Foto: Rufino Fernando Flores Cantillano



**Figura 2.** Uniformidade de cor em cultivares de morango.

Foto: Rufino Fernando Flores Cantillano

de fragilidade do morango e, em consequência disso, utilizar manejo apropriado, visando evitar tanto os danos sobre os frutos a serem colhidos, quanto sobre os frutos vizinhos às plantas (BALBINO; COSTA, 2004). Devem ser evitados golpes, feridas ou outro tipo de danos na fruta, pois isso as deixa suscetíveis ao ataque de microrganismos. Assim, é fundamental que o pessoal que realiza a colheita receba treinamento adequado e adote certos procedimentos, como manter as unhas aparadas, não usar objetos cortantes (anéis), entre outros. Devem-se evitar os seguintes procedimentos: colher a fruta nas horas de maior calor, deixar as frutas diretamente sob o sol e colher em dias chuvosos e com muito orvalho. As frutas caídas no chão não devem ser colocadas junto com as que serão comercializadas, já que, normalmente, estão infectadas com esporos de fungos, que terminarão contaminando as frutas sadias (FLORES CANTILLANO, 2006). É muito importante realizar a colheita nas horas mais frescas do dia. As cestas de colheita normalmente são feitas de taquara ou madeira, com uma ou mais divisões para a pré-classificação, e devem ser forradas com papel limpo e apropriado (RONQUE, 1998). As cestas utilizadas na colheita não devem ser muito grandes, a fim de evitar o amassamento dos morangos. As frutas para consumo in natura devem ser colhidas com o cálice, o que ajuda a conservá-las.

As estradas no interior da propriedade rural devem estar em boas condições, sem pedras ou buracos, para permitir que o transporte seja feito de forma suave, sem trepidação, evitando, assim, danos à fruta. Com a mesma finalidade, recomenda-se reduzir a pressão dos pneus do carroção de transporte e circular em baixa velocidade. Para a industrialização, os morangos podem ser colhidos com ou sem cálice. É recomendável a utilização de locais protegidos do sol durante a embalagem das frutas, as quais devem ser levadas rapidamente para o armazenamento refrigerado. A aplicação de fungicidas nessa etapa deve ser evitada. Sugerem-se tratamentos químicos alternativos, como a utilização de cálcio, por causa de seus efeitos desejáveis no retardamento da senescência e no controle de desordens fisiológicas (FLORES CANTILLANO; SILVA, 2010).

## Classificação, embalagem e rotulagem

A classificação, a embalagem e a rotulagem são etapas da pós-colheita extremamente importantes para a manutenção da qualidade e da boa apresentação dos produtos (ALVARENGA, 2011), principalmente do morango, considerando a sua fragilidade e a sua alta perecibilidade. Isso exige rapidez no processo e cuidados especiais no manuseio para



reduzir perdas pós-colheita e prolongar o período de prateleira, beneficiando, assim, produtores e consumidores.

O morango é uma das poucas frutas para as quais a colheita, a seleção, a classificação e a embalagem podem ser feitas pela mesma pessoa, em geral no campo. Há agricultores que procedem à colheita dos morangos utilizando diretamente a embalagem definitiva, ou à pré-classificação e à seleção no próprio campo. Caso todas as operações de pós-colheita venham a ser realizadas na etapa seguinte, é recomendável que, ainda no campo, as caixas ou cestos de colheita sejam acondicionados com os frutos em locais sombreados, até que se providencie sua rápida remoção para o local de classificação e embalagem, evitando-se, assim, expor os frutos ao calor da radiação solar (BALBINO; COSTA, 2004).

A classificação de um produto é o ato de separá-lo por variedade, cor, tamanho e qualidade, de modo a criar lotes homogêneos. A classificação é feita exclusivamente com base em parâmetros mensuráveis e não subjetivos, procedimento que vai conferir transparência à comercialização (ALVARENGA, 2011). A Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000 (BRASIL, 2000), regulamentada pelo Decreto-Lei nº 6.268, de 22 de novembro de 2007 (BRASIL, 2007), instituiu a obrigatoriedade da classificação para os produtos vegetais, seus subprodutos e resíduos de valor econômico e delegou ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) a organização normativa, a supervisão técnica, a fiscalização e o controle dessa classificação.

Atualmente, não existe uma norma oficial de classificação para o morango estabelecida pelo Mapa. Ainda assim, os produtores podem se orientar pela Norma do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura, elaborada pelo Centro de Qualidade em Horticultura da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp), sendo um programa de adesão voluntária. Segundo essa norma, os morangos são classificados em duas classes (por tamanho, segundo o maior diâmetro transversal) e em três categorias (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1.** Classes de morango, conforme o diâmetro.

Classe	Diâmetro (mm)
15	Maior ou igual a 15 até 35
35	Maior que 35

Fonte: Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (2009).

Segundo essa norma, na mesma embalagem, o diâmetro do maior fruto poderá ser, no máximo, 50% superior ao diâmetro do menor fruto. Multiplique-se o diâmetro do menor

**Tabela 2.** Limite de frutos com defeitos graves e leves por categoria, em porcentagem de frutos com defeitos.

Defeito <sup>(1)</sup>	Categoria		
	Extra	I	II
Defeitos graves			
Podridão	0	1	5
Outros defeitos graves	0	3	5
Total de defeitos graves	0	3	10
Total de defeitos leves	5	10	100
Total de defeitos	5	10	100

<sup>(1)</sup>Defeitos graves: podridão, passado, imaturo, deformação grave, ausência de cálice e sépalas, dano mecânico, lesão profunda. Defeitos leves: coloração não característica, dano superficial cicatrizado, deformação leve, oco, presença de materiais estranhos.

Fonte: Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (2009).

fruto por 1,5, e se obterá o diâmetro permitido para o maior fruto. Essa mesma norma define as tolerâncias de defeitos aceitáveis em cada categoria.

Seguindo o critério de que uma fruta deve sofrer o mínimo manuseio possível, é aconselhável acondicionar os morangos diretamente nas embalagens finais de comercialização, ainda no campo. Com isso se consegue evitar um manuseio excessivo, o qual causaria injúrias físicas ao produto, deixando a fruta suscetível ao ataque de podridões. A pré-classificação das frutas durante a colheita é muito importante. Nesse momento, deve ser eliminada toda fruta deformada, danificada por fungos ou insetos, ou muito madura. Na classificação, é importante não misturar, na mesma caixeta ou em caixetas (cumbucas) diferentes na mesma caixa, morangos com graus de maturação e tamanhos diferentes.

A embalagem é o envoltório, o recipiente, a caixa ou similares, no qual os frutos são condicionados (BALBINO; COSTA, 2004). É destinada a proteger e assegurar a sua conservação, bem como facilitar o transporte e a comercialização dos produtos. Utilizar uma embalagem adequada é uma forma de evitar danos físicos ao produto, os quais aumentam a desidratação e o ataque de microrganismos, e possibilitar, assim, seu transporte até o consumidor (Figura 3).

A Instrução Normativa Conjunta nº 9, de 12 de novembro de 2002 (BRASIL, 2002), estabelece os requerimentos que as embalagens devem preencher para o acondicionamento de produtos hortofrutícolas in natura para comercialização. Essa norma determina,

entre outros requerimentos, que as dimensões externas das embalagens permitam o empilhamento das frutas, preferencialmente em paletes de 1 m por 1,20 m. Elas devem ser mantidas íntegras e higienizadas. Podem ser descartáveis ou retornáveis. Se retornáveis, devem ser resistentes ao manuseio a que se destinam as operações de higienização e não devem representar meios de contaminação.



Foto: Rufino Fernando Flores Cantillano

**Figura 3.** Embalagem apropriada para morangos.

As informações obrigatórias de marcação ou rotulagem, referentes às indicações quantitativas, qualitativas e a outras exigidas para o produto, devem estar de acordo com as legislações específicas, estabelecidas pelos órgãos oficiais envolvidos. Os materiais usados na divulgação comercial do produto não devem ser tóxicos. As embalagens utilizadas no morango variam conforme o mercado de destino, mas, de um modo geral, usam-se caixas de papelão contendo embalagens de plástico menores, com dimensões que variam conforme o mercado de destino. Para supermercados, também é usada uma embalagem com uma base de poliestireno e filme polimérico. Nessas embalagens, as frutas são colocadas em fileiras, com uma ou duas camadas. As embalagens menores, em caixas bem empilhadas, permitem um resfriamento mais eficiente das frutas.

A rotulagem é uma prática obrigatória e necessária, que vai permitir a rastreabilidade do produto e inserir informações básicas que facilitem o processo comercial e a transparência nas relações de consumo. Está prevista na Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 259, de 20 de setembro de 2002, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) (BRASIL, 2006) que instituiu o Regulamento Técnico para a Rotulagem de Alimentos Embalados. Do rótulo de identificação do morango devem constar pelo menos as seguintes informações: o nome, a variedade e o peso líquido do produto; o nome, o endereço e o número de inscrição do produtor; e a data de embalagem. A rotulação do produto oferece as seguintes vantagens: aumento da procura; valorização das características do produto; melhoria nas informações de mercado; confiança por parte do consumidor; e prêmio ao bom produtor (ALVARENGA, 2011).

## Resfriamento rápido

O resfriamento rápido (pré-resfriamento) consiste em retirar imediatamente o calor que a fruta traz do campo, antes de alcançar sua temperatura de conservação definitiva. Por meio dessa providência, reduz-se a taxa respiratória, prolonga-se a conservação do produto e diminui-se a desidratação. Em outros países produtores de morango é uma prática essencial e praticamente obrigatória, embora de pouco uso no Brasil (FLORES CANTILLANO; SILVA, 2010).

O resfriamento rápido do morango é fundamental para a manutenção da qualidade do produto até que chegue ao consumidor. Com isso, retarda-se a senescência e diminui-se a incidência de podridões, dois problemas-chave no aumento da vida pós-colheita dos morangos. Também é muito importante que o resfriamento do morango, após a colheita, seja realizado o mais rápido possível. Atrasos superiores a 2 horas, entre a colheita e

o resfriamento, podem acelerar significativamente a deterioração da fruta e acarretar a perda de vitamina C. Para evitar riscos de perda do produto, os produtores podem programar viagens mais frequentes ou enviar lotes pequenos de fruta, do campo para a unidade de resfriamento (FLORES CANTILLANO; SILVA, 2010).

O resfriamento por ar frio forçado é o método adequado para resfriar os morangos, porque, além de ser uma forma rápida de resfriamento, evita a umidade sobre a fruta, que os morangos não toleram (Figura 4). Uma boa unidade de frio deve ser capaz de alcançar 7/8 do resfriamento em duas a três horas. Nessas condições, a temperatura do morango poderia

Foto: Rufino Fernando Flores Cantillano



**Figura 4.** Aplicação do resfriamento rápido por ar frio forçado em morangos.

ser reduzida de 25 °C para 5 °C, de forma muito rápida. A umidade relativa do ar deve ser de 95% para evitar a desidratação do produto. Esse resfriamento rápido retarda a deterioração e deixa a fruta pronta para o transporte até o mercado.

## Armazenamento refrigerado

A manutenção da qualidade pós-colheita, bem como o prolongamento da vida útil dos frutos, está diretamente relacionada com os tratamentos adicionais realizados nessa fase.

Em geral, as condições de conservação do morango são: temperatura de 0 °C, com 90% a 95% de umidade relativa (MITCHAM et al., 2003). Nessas condições, os morangos podem manter o padrão de qualidade durante 5 a 7 dias.

As características físico-químicas dos morangos mudam entre a colheita e o armazenamento refrigerado, sendo maior quanto mais prolongado for o período de conservação (Tabelas 3 e 4). No Brasil, os morangos das cultivares Camino Real e Ventana apresentaram melhor qualidade físico-química e sensorial do que a cultivar Aromas, quando armazenados durante 6 dias, a 0 °C e 90% a 95% de UR. Decorridos 9 dias, a qualidade sensorial dos morangos ficou comprometida (Tabelas 5 e 6 e Figura 5) (CASTAÑEDA, 2007; FLORES CANTILLANO et al., 2008; FLORES CANTILLANO; SILVA, 2010). As câmaras frias de muitos

**Tabela 3.** Valores das variáveis físico-químicas na caracterização na colheita das cultivares de morango Camino Real, Ventana e Aromas na colheita.

Variável físico-química	Cultivar		
	Camino Real	Ventana	Aromas
SST (°Brix)	7	6,8	6
ATT (% de ácido cítrico)	0,8	0,83	0,63
Relação SST/ATT <sup>(1)</sup>	8,75	8,19	9,52
pH	3,23	3,58	3,3
Cor (H°)	39,81	38,16	35,10
Firmeza (N)	3,13	2,31	2,88
Vitamina C (mg por 100 mL)	57,5	56,87	48,12
Antocianinas (absorbância 520 nm)	11,58	17,20	13,80

<sup>(1)</sup>Relação entre teor de sólidos totais (SST) e acidez total titulável (ATT).

**Tabela 4.** Firmeza da polpa, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, relação SST/ATT, pH e antocianinas em morangos das cultivares Camino Real, Ventana e Aromas, depois de três períodos de armazenamento refrigerado.

Variável	Cultivar <sup>(1)</sup>	Período de armazenamento <sup>(2)</sup>		
		P1	P2	P3
Firmeza da polpa (N)	C1	4,36aA	4,48aA	4,67aA
	C2	4,21aA	4,45aA	4,52aA
	C3	4,39aA	4,42aA	4,41aA
Sólidos solúveis totais (SST) (Brix)	C1	6,1bA	6,2bA	6bA
	C2	7,45aA	7,1aB	7aB
	C3	6,4bA	6,05bA	5,8bA
Acidez titulável (ATT) (% ácido cítrico)	C1	0,69bA	0,65bA	0,65bA
	C2	0,77aA	0,78aA	0,81aA
	C3	0,82aA	0,68bB	0,7bB
Relação SST/ATT	C1	8,78bB	9,49aA	9,14aA
	C2	9,64aA	9,09aAB	8,72abB
	C3	7,81cB	8,9aA	8,24bA
pH	C1	3,51aA	3,55aA	3,51aA
	C2	3,45aA	3,53aA	3,45bA
	C3	3,46aA	3,50aA	3,42bA
Antocianinas (absorbância 520 nm)	C1	24,82aA	21,93aA	23,5aA
	C2	21,72aA	23,79aA	22,63aA
	C3	21,12aA	19,53aA	20,39aA

<sup>(1)</sup>C1 = Camino Real; C2 = Ventana; C3 = Aromas. <sup>(2)</sup>P1 = 3 dias a 0 °C + 1 dia a 10 °C; P2 = 6 dias a 0 °C + 1 dia a 10 °C; P3 = 9 dias a 0 °C + 1 dia a 10 °C.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste DMS ( $p \leq 0,05$ ).

produtores costumam operar com temperaturas de 3 °C a 5 °C. Depois desse período, pode haver uma redução da qualidade, expressa principalmente na diminuição do aroma, do sabor, da textura e do brilho característico. O coeficiente de recirculação deve ser de 20 a 40. Coeficiente de recirculação é a relação entre o volume de ar gerado por hora pelos ventiladores e o volume da câmara vazia. É importante que o frigorífico disponha de um bom sistema de frio, junto a um eficiente sistema de controle de temperatura, e que conte com operadores de frigorífico bem treinados. É necessária a colocação de termômetros aferidos em locais adequados nas câmaras, para evitar uma temperatura anormal.

Os sensores de temperatura devem estar ajustados para não permitir flutuações excessivas da temperatura. A umidade relativa da câmara deve ser bem ajustada. Se estiver muito baixa, vai desidratar o produto; e se estiver muito alta, vai estimular a incidência de podridões. A velocidade do ar que passa entre as caixas deve ser adequada; se estiver muito alta, vai desidratar o produto; e se muito baixa, o resfriamento da fruta ficará comprometido (FLORES CANTILLANO et al., 2003).

**Tabela 5.** Características de aparência de morangos cultivar Camino Real, Ventana e Aromas, submetidas a diferentes períodos de armazenamento (escala sensorial de 9 cm).

Tempo de armazenamento (dias)	Cultivar	Formato	Cor	Defeito	Brilho	Comercialização
0	Camino Real	7,78a	6,50a	1,75b	7,02a	7,50a
	Ventana	6,79c	3,28c	1,9ab	6,35b	7,34a
	Aromas	7,23b	4,01b	2,23a	6,56b	7,28a
3	Camino Real	8,05a	6,69a	2,85a	5,68a	6,80a
	Ventana	6,36bc	4,18c	2,08b	4,58b	5,98b
	Aromas	7,00b	5,33b	2,07b	4,98b	6,25b
6	Camino Real	7,66a	5,63b	3,21c	4,02ab	5,34a
	Ventana	7,01bc	5,67b	5,28a	3,76b	4,92a
	Aromas	7,21b	6,68a	4,66b	4,30a	5,08a
9	Camino Real	7,91a	4,84c	6,47b	2,45b	1,73b
	Ventana	7bc	6,27b	7,27a	1,24c	0,30c
	Aromas	6,92bc	6,95a	6,84ab	3,15a	2,80a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## Atmosfera modificada e tratamentos com dióxido de carbono

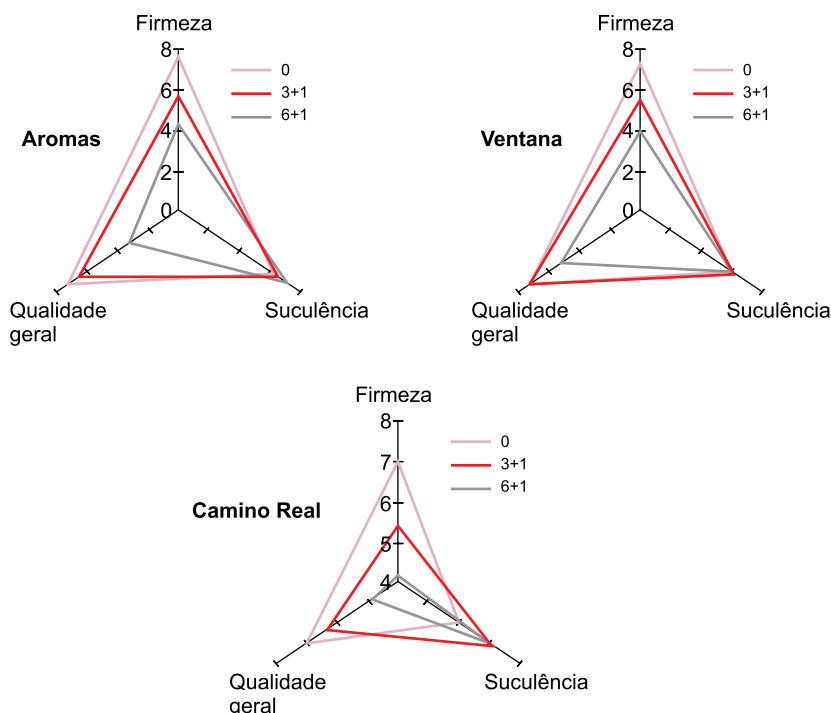
O armazenamento em atmosfera modificada, utilizando filmes poliméricos, de espessura e permeabilidade controladas, tem sido considerado uma técnica promissora, de baixo custo e fácil de utilizar, que prolonga a vida pós-colheita de frutas e hortaliças. Essa técnica requer, porém, a manutenção da cadeia do frio, sob o risco de ocorrer sérias perdas



**Tabela 6.** Características de sabor de morangos das cultivares Camino Real, Ventana e Aromas, submetidas a diferentes períodos de armazenamento (escala sensorial de 9 cm).

Tempo de armazenamento (dias)	Cultivar	Doçura	Acidez	Sabor característico	Sabor insípido	Sabor estranho	Suculência	Qualidade geral
0	Camino Real	3,00ab	7,00a	6,94ab	1,83b	0,70a	6,00a	7,05ab
	Ventana	3,25a	6,07c	7,00a	1,83b	0,19b	5,83ab	7,40a
	Aromas	2,70b	6,46b	7,11a	2,73a	0,09b	6,19a	7,10ab
3	Camino Real	5,05b	3,83b	6,61a	3,17a	0,75a	7,00a	6,34b
	Ventana	5,82a	4,74a	5,97b	2,12c	0,21c	6,26b	6,97a
	Aromas	5,25b	5,05a	6,80a	3,00ab	0,6b	6,22b	6,43b
6	Camino Real	6,54a	4,32a	5,66a	3,45a	1,11a	7,06a	4,90a
	Ventana	6,10b	3,75b	4,56c	2,96ab	0,35c	6,32b	5,30a
	Aromas	6,51a	4,06b	5,36b	3,49a	0,79b	7,10a	3,42b
9	Camino Real	-	-	-	-	-	-	-
	Ventana	-	-	-	-	-	-	-
	Aromas	-	-	-	-	-	-	-

(-) = as frutas foram descartadas porque estavam inadequadas para o consumo.  
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).



**Figura 5.** Perfil sensorial, no atributo textura, de morangos das cultivares Camino Real, Ventana e Aromas. Período: P1 = 3 dias a 0 °C + 1 dia a 10 °C; P2 = 6 dias a 0 °C + 1 dia a 10 °C; P3 = 9 dias a 0 °C + 1 dia a 10 °C.

de qualidade. O frio é responsável por 70% de uma boa conservação. Assim, as atmosferas modificadas ou enriquecidas com CO<sub>2</sub> complementam, mas não substituem o bom uso do frio.

O morango pode ser transportado até o mercado mediante um sistema de atmosfera modificada. O palete completo é um recipiente hermético, coberto com uma sacola de filme plástico de permeabilidade adequada (Figura 6). Depois do fechamento, é injetada uma mistura de dióxido de carbono e oxigênio (O<sub>2</sub>), sendo essa mistura balanceada com nitrogênio. Nos Estados Unidos, são injetadas misturas de até 10% a 15% de CO<sub>2</sub> (MITCHAM et al., 2003) e até 5% de O<sub>2</sub>. No Brasil, morangos da cultivar Camarosa tratados com 10% de CO<sub>2</sub> e 3% de O<sub>2</sub> apresentaram boa qualidade (FLORES CANTILLANO et al., 2003). Se a selagem for feita corretamente, a atmosfera poderá ser mantida durante o transporte, pois o CO<sub>2</sub> produzido pela fruta compensa o CO<sub>2</sub> perdido na sacola. A sacola é colocada depois do resfriamento da fruta e antes do transporte. O tratamento com CO<sub>2</sub> pode ajudar a controlar

o fungo *Botrytis cinerea* (MITCHAM et al., 2003) quando a temperatura, durante a colheita, por algum motivo, for superior a 5 °C, e depois de um tempo chuvoso ou de cerração.

Também podem ser usados filmes poliméricos sobre as frutas colocadas sobre uma base de poliestireno expandido (isopor) de aproximadamente 200 g a 350 g. Nesse caso, também se gera uma atmosfera modificada no interior da embalagem que, dependendo do tipo de filme utilizado, pode acumular distintos conteúdos de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> em virtude de sua permeabilidade diferenciada para esses gases. A concentração de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> em morangos pode variar conforme os tipos de filme e as temperaturas usadas durante o armazenamento refrigerado (Figura 7).



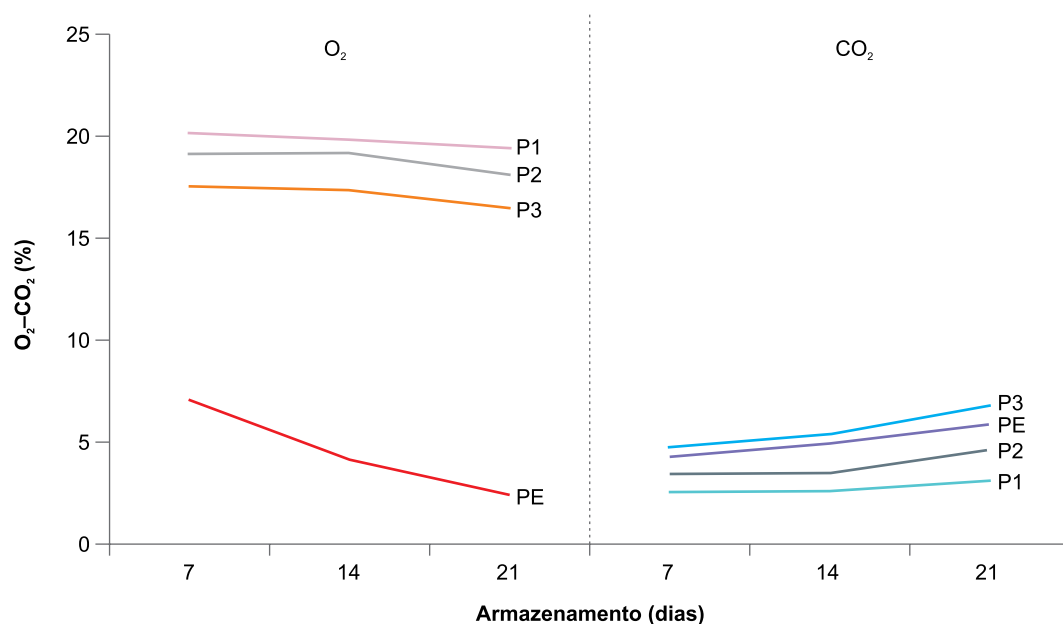
Foto: Rufino Fernando Flores Cantillano

**Figura 6.** Utilização de filme polimérico em embalagem de morangos.

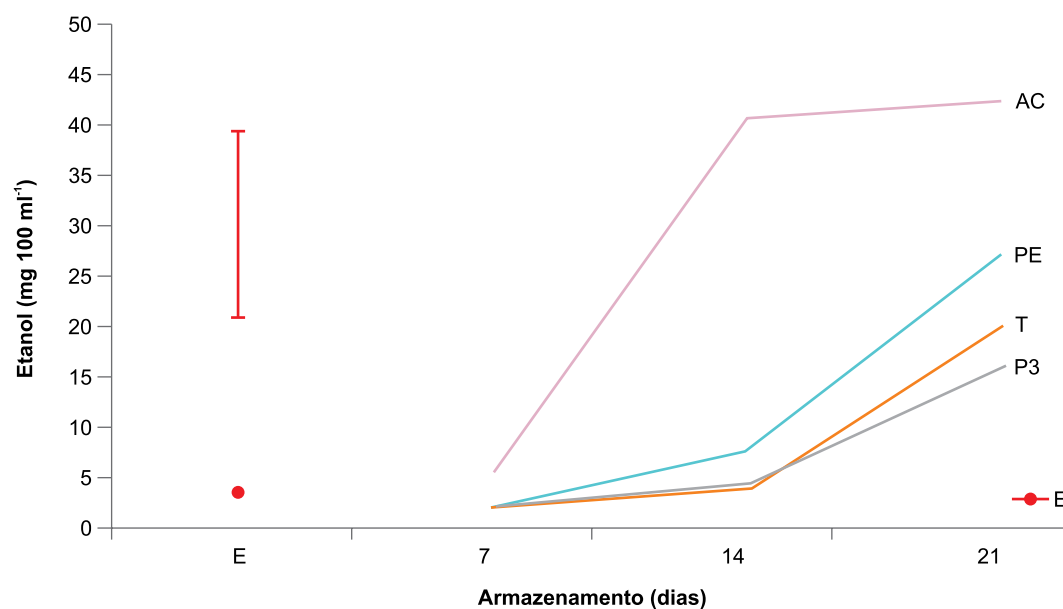
Tanto os filmes poliméricos quanto os tratamentos com CO<sub>2</sub> podem alterar o metabolismo, produzindo elevações nos conteúdos de etanol e acetaldeído, e indicando desvios da respiração aeróbica em anaeróbica, que aumentam à medida que aumenta o período de conservação. Aplicações superiores a 20% de CO<sub>2</sub> podem aumentar o conteúdo de etanol, a depender do filme polimérico utilizado (Figura 8).

À medida que aumenta o período de armazenamento, aumenta a perda de qualidade, que se reflete em alteração na cor, em perda de sabor e textura e na mudança de aspecto; todavia, os filmes poliméricos e a atmosfera controlada, enriquecida com até 20% de CO<sub>2</sub>, podem retardar esse processo (FLORES CANTILLANO, 1998; KADER, 1991) (Figura 9).

A análise conjunta de muitas variáveis permite observar que a qualidade sensorial e a acidez são os parâmetros mais importantes na qualidade total dos morangos, e que os

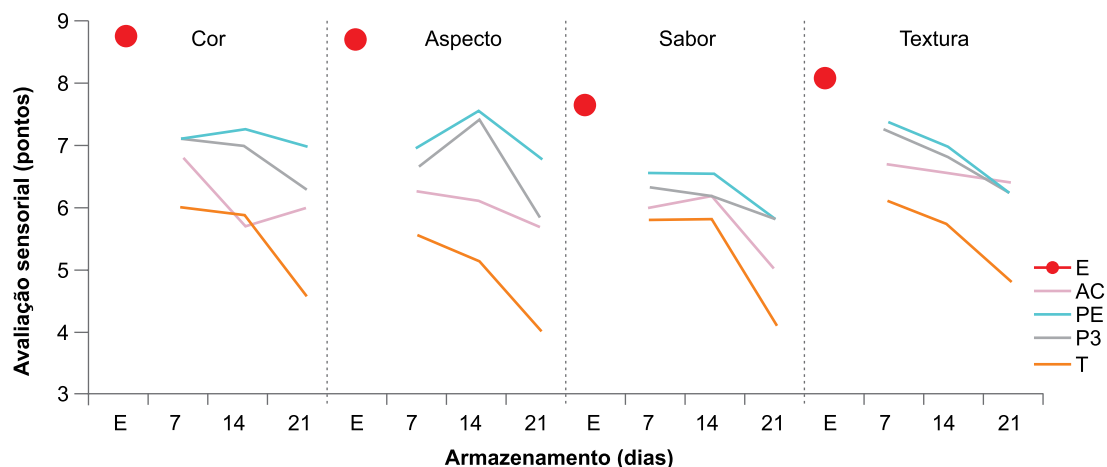


**Figura 7.** Variação dos níveis de  $O_2$  e  $CO_2$  em morangos da cultivar Pájaro, armazenados por 7, 14 e 21 dias, a 0 °C, + 3 dias, a 8 °C. P1 = filme Pplus 160 de 35  $\mu$ . PE = polietileno de baixa densidade de 35  $\mu$ . P2 = filme Pplus 120 de 35 m. P3 = filme Pplus 90 de 35  $\mu$ .

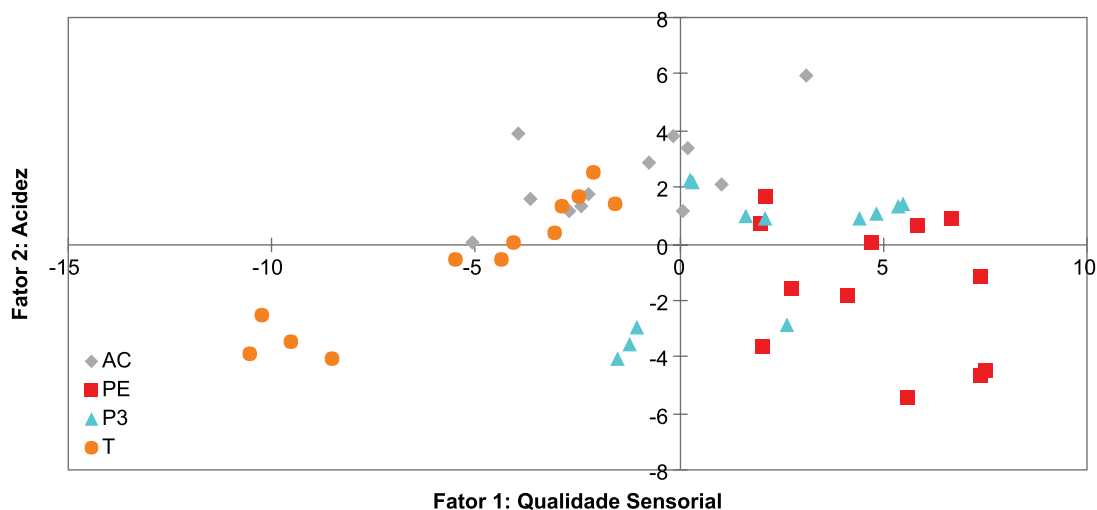


**Figura 8.** Variação dos níveis de etanol em morangos da cultivar Pájaro, armazenados por 7, 14 e 21 dias, a 0 °C, + 3 dias, a 8 °C. AC = atmosfera controlada: 25%  $CO_2$  + 5% de  $O_2$ . T = testemunha. PE = polietileno de baixa densidade: 35  $\mu$ . E = colheita. P3 = filme Pplus 90 de 35  $\mu$ . Barra vertical = intervalo DMS ( $P \leq 0,05$ ).

filmes poliméricos (em primeiro lugar) e as atmosferas com alto  $\text{CO}_2$  (em segundo lugar) contribuem para preservar essa qualidade (Figura 10).



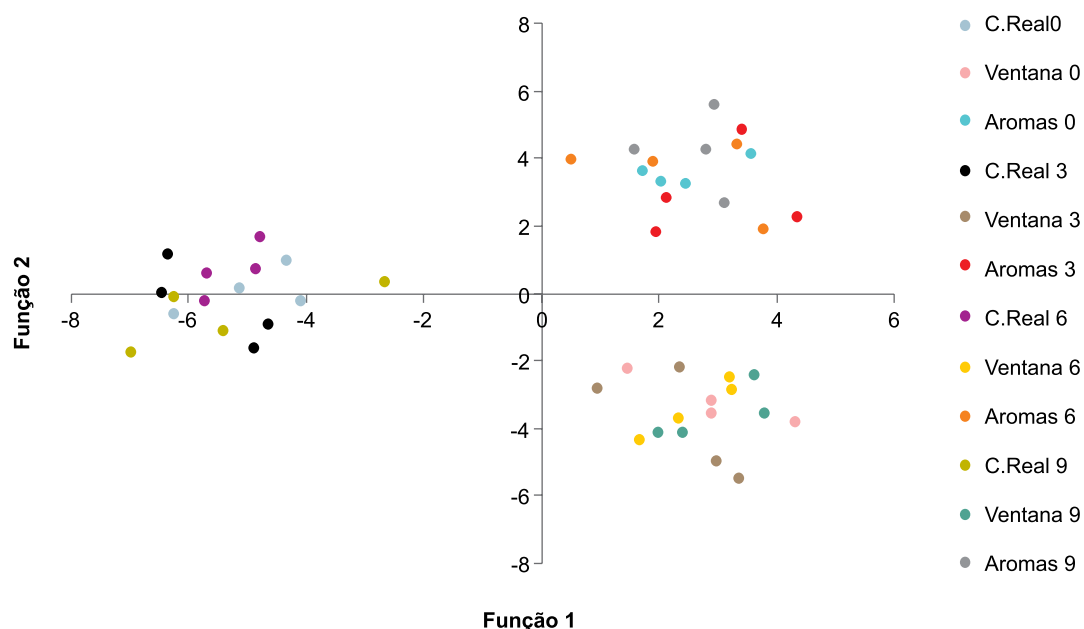
**Figura 9.** Avaliação sensorial em morangos da cultivar Pájaro, armazenados por 7, 14 e 21 dias, a 0 °C, + 3 dias, a 8 °C. AC = atmosfera controlada: 25%  $\text{CO}_2$  + 5% de  $\text{O}_2$ . T = testemunha. PE = polietileno de baixa densidade: 35  $\mu$ . E = colheita. P3 = filme Pplus 90 de 35  $\mu$ .



**Figura 10.** Representação gráfica dos tratamentos com atmosfera controlada e filmes poliméricos, nos eixos fatoriais qualidade sensorial e acidez, em morangos da cultivar Pájaro, armazenados por 7, 14 e 21 dias, a 0 °C, + 3 dias, a 8 °C.

AC = atmosfera controlada: 25%  $\text{CO}_2$  + 5% de  $\text{O}_2$ . T = testemunha. PE = polietileno de baixa densidade: 35 m. P3 = filme Pplus 90 de 35 m.

Por seu turno, os atributos de formato (Função 1) e o teor de sólidos solúveis (Função 2) contribuem para discriminar ainda mais a qualidade pós-colheita em cultivares de morango (FLORES CANTILLANO et al., 2008) (Figura 11).



**Figura 11.** Funções discriminantes das cultivares de morango Camino Real, Ventana e Aromas na colheita (0) e depois de 3, 6 e 9 dias a 0 °C + 1 dia a 10 °C.

## Transporte

O sucesso do uso dos meios de transporte para a condução dos produtos até o mercado depende principalmente da temperatura de trânsito do produto, da utilização adequada dos veículos, de pessoal bem treinado e da capacidade de empilhamento adequada.

Recomenda-se que os morangos sejam transportados em unidades paletizadas (Figura 12). Os paletes, constituídos por uma base de madeira de 1 m x 1,2 m, em cima da qual são colocadas as caixas de papelão, contendo as cumbucas de morango, podem ser montados no campo e colocados sobre um caminhão ou carroção de transporte, imediatamente após a colheita. O empilhamento máximo em altura do palete depende da resistência da caixa que contém as cumbucas. As caixas de madeira para meia dúzia de

cumbucas, utilizadas por alguns produtores, são inadequadas para a montagem de um palete. Na montagem do palete com as caixas de papelão, é importante que a altura e principalmente as perfurações das caixas coincidam, de forma que haja boa penetração do ar frio para o interior da caixa, para, assim, atingir eficientemente a fruta, evitando a formação de áreas no interior do palete com temperatura mais elevada, o que prejudica a conservação do produto (FLORES CANTILLANO et al., 2003).

Essa unidade paletizada não deverá sofrer sobreposição até o final da distribuição no mercado, facilitando, assim, a mobilização da carga para o resfriamento e para outras operações de manuseio, até a distribuição final do produto.



Foto: Rufino Fernando Flores Cantillano

**Figura 12.** Caixas de morangos paletizadas.

## Transporte terrestre

A produção de morango nos principais países produtores é transportada principalmente por via terrestre. Estudos têm comprovado que caminhões com suspensão de ar podem reduzir em mais de 50% as vibrações durante o transporte do morango e, com isso, reduzir o potencial de danos mecânicos causados no fruto. Entretanto, se os caminhões mantiverem temperatura muito alta durante o transporte dessa fruta, ou utilizarem equipamentos de frio que não propiciem a temperatura adequada aos morangos, eles poderão congelar-se.

O baú frigorífico do caminhão não é construído para resfriar frutas, mas apenas para manter a temperatura com a qual a fruta entrou no caminhão. Antes de carregar os morangos, o baú do caminhão deve estar com temperatura não superior a 3 °C. Isso significa que



as frutas também devem estar com temperatura inferior a 3 °C. Os locais de carregamento dos caminhões devem utilizar lonas protetoras ou de plástico para evitar a exposição das caixas ao calor excessivo exterior. A circulação do ar é limitada no interior do caminhão; portanto, se o morango não for resfriado corretamente antes do carregamento, durante o transporte ele não se resfriará. Para melhorar o desempenho durante o transporte refrigerado, é importante atentar para alguns detalhes da estrutura do baú e do carregamento (Figura 13). Assim como no armazenamento refrigerado, no carregamento em caminhões frigoríficos deve ser evitada a ocorrência de caminhos preferenciais da corrente de ar frio que vem do evaporador. Nas laterais da carga, o espaço deve ser o menor possível, para forçar a passagem do ar, de retorno do evaporador, por entre todas as caixas dos paletes. Para que o ar refrigerado que sai do evaporador atinja o lado oposto, a colocação de dutos de ar frio facilita o desempenho da refrigeração (FLORES CANTILLANO et al., 2003).



Foto: Rufino Fernando Flores Cantillano

**Figura 13.** Transporte refrigerado de frutos.

## Transporte aéreo

Por esse meio, transporta-se um volume menor de morango, em geral para exportação ou mercados distantes. Nesse caso, o morango deve ser resfriado antes do carregamento, e as sacolas deverão ser colocadas imediatamente nos paletes, para que, posteriormente, seja aplicado CO<sub>2</sub>. Durante o transporte aéreo, podem ocorrer longos períodos sem refrigeração adequada para os frutos, tanto no avião quanto nos aeroportos. Nos Estados Unidos, por exemplo, há mais perdas por deterioração dos morangos no transporte aéreo do que durante o transporte terrestre, apesar do menor tempo de viagem despendido no primeiro caso.

## Segurança do alimento: higiene

Produzir frutas no campo e mantê-las na pós-colheita de acordo com as normas de segurança alimentar são questões relevantes nos modernos sistemas de produção

agrícola. Diversos sistemas e práticas são recomendados com essa finalidade, como: a aplicação das boas práticas agrícolas no campo e, no *packing house*, o sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), e a aplicação das boas práticas de fabricação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Manter a segurança do alimento é garantia de proteção e preservação da saúde humana contra os riscos do consumo de alimentos contaminados. Os perigos para a segurança do alimento podem ser de origem biológica, química e física. Como perigo biológico, pode-se mencionar, entre outros, a presença de *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*. Como perigo químico, a presença de metais pesados, resíduos de agrotóxicos e micotoxinas. Como perigo físico, fragmentos metálicos e de vidro, terra, pedras e outros (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Uma forma de controlar esses perigos é adotar as boas práticas agrícolas no campo e nos locais de empacotamento e processamento, a aplicação das boas práticas de fabricação e o sistema APPCC. As boas práticas agrícolas consistem num conjunto de práticas e procedimentos estabelecidos na produção primária, que servem para controlar os perigos, a produtividade e a qualidade dos alimentos. As boas práticas visam à segurança do consumidor, à higiene, à segurança e à qualidade do produto agrícola e do serviço rural, e à preservação do ambiente e da saúde do trabalhador rural. Especificamente, integram as práticas e os procedimentos no pré-plantio (seleção da área física, avaliação do solo, seleção da cultura), plantio, manejo cultural (adubação, irrigação, tratamentos fitossanitários e outras práticas) e colheita (procedimentos de colheita, higiene dos contentores, higiene dos trabalhadores, etc.).

As boas práticas de fabricação, aplicadas na etapa de pós-colheita, abrangem a limpeza e a sanificação das instalações e das matérias-primas, a qualidade da água, a higiene dos trabalhadores, o controle integrado de pragas, as medidas para evitar a contaminação cruzada e por produtos químicos, entre outras. O sistema APPCC é uma ferramenta para a gestão da segurança dos alimentos, de fundamental importância para a produção de alimentos seguros. As boas práticas de fabricação são os pré-requisitos necessários para garantir o sucesso da implantação de um sistema APPCC na etapa de pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Nos morangos, medidas de higiene e de segurança do alimento são imprescindíveis, principalmente na pós-colheita. O risco de não adotar medidas preventivas consiste na possibilidade de a carga microbiana ou de agrotóxicos presente no momento da colheita

chegar à mesa do consumidor. Por esse motivo, é de fundamental importância conscientizar produtores, trabalhadores, transportadores e comerciantes sobre a importância de manter as boas práticas de higiene e de segurança do alimento. As instalações e os materiais utilizados para classificar, embalar ou armazenar o produto devem estar limpos e desinfestados. Com essa finalidade podem ser utilizados produtos sanitizantes.

Sanitizantes são substâncias ou preparações destinadas à higienização, à desinfecção, à desinfestação, à desodorização e à odorização de ambientes domiciliares, coletivos e/ou públicos. Podem ser utilizados por qualquer pessoa, para fins domésticos, para aplicação ou manipulação por pessoas ou entidades especializadas, para fins profissionais, conforme a Resolução RDC nº 184, de 22 de outubro de 2001, da Anvisa (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2001). Na produção de frutas, os sanitizantes são utilizados nas casas de acondicionamento, para higienizar os frutos e/ou os locais de processamento ou de estocagem. Visam à redução de microrganismos a níveis insignificantes ou controláveis, compatíveis com as normas de higiene alimentar. A limpeza é a operação que antecede a sanitização. Na limpeza, pode ser usada água e detergente sob pressão. Deve ser feita nos materiais de colheita de frutos (pequenos contentores e/ou caixas), nas mesas de classificação e seleção de frutos e nas câmaras frigoríficas. Posteriormente, realiza-se a sanitização com produtos adequados. Os produtos mais utilizados são:

- Halógenos à base de cloro e iodo: sua atividade desinfestante está baseada na oxidação. O cloro é o mais utilizado. Os derivados clorados podem ser de dois tipos: a) de origem inorgânica, como o gás cloro, o hipoclorito de sódio e o hipoclorito de cálcio; b) de origem orgânica, entre eles o dicloroisocianureto de sódio, o dicloro-s-triazinetione de sódio e o ácido tricloroisocianúrico (DOMINGUES, 2012). Atualmente, o mais utilizado, graças ao custo acessível e à sua disponibilidade, é o hipoclorito de sódio. Nesse produto, o cloro existe como cloro total (combinado + disponível) e como cloro disponível (livre, ativo, reativo). Em geral, utiliza-se na concentração de 50 ppm a 100 ppm de cloro disponível. Mas a eficiência do cloro está vinculada ao estrito controle do pH da solução, o qual deve estar entre 6 e 7. A água da solução deve ser potável, estar na temperatura normal, ou seja, 20 °C (temperatura baixa diminui a eficiência do cloro), e estar isenta de matéria orgânica, pois essa reduz a atividade do cloro livre. O cloro deve ser monitorado com frequência, para não trazer prejuízo à saúde dos trabalhadores e dos consumidores, pois é possível gerar produtos orgânicos prejudiciais à saúde, como os trihalometanos (THMs). O cloro orgânico também é utilizado na desinfecção e na

purificação da água destinada ao uso humano doméstico, assim como na lavagem e na higienização de frutas, verduras e legumes, sendo um produto seguro e fácil de armazenar e usar.

- Dióxido de cloro: apresenta boa ação bactericida, virucida e fungicida. É um produto altamente eficiente; em pH neutro, não é tóxico nem é residual. Também não forma cloraminas, sendo efetivo até mesmo na presença de matéria orgânica, e não é oxidante. Desinfeta em baixas concentrações (5 ppm).
- Quaternário de amônia: é uma substância detergente catiônica, com propriedade germicida. Apresenta boa atividade contra bactérias, mas regular contra fungos. É considerado um germicida de baixo nível, mas com baixa toxicidade, podendo ser empregado em alimentos e áreas em contato com a produção. Para uso em casas de embalagem, em geral, usa-se em concentrações de 1% a 3%.
- Clorexidina: é um composto sintético derivado de uma bisguanidina, que apresenta alta atividade antimicrobiana, sendo um biocida altamente eficiente. Pequenas concentrações de sais são suficientes para inibir o processo reprodutivo ou para exterminar a maioria dos microrganismos, como bactérias, fungos e vírus. Pode ser utilizado em câmaras com frutas, na concentração de 0,3%.

Outros tipos de tratamento – como a utilização de ozônio ( $O_3$ ), radiação ultravioleta, ultrassom ou produtos alternativos, como peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), óleos vegetais de timo ou de sálvia – são pouco utilizados comercialmente e/ou estão em fase experimental.

É importante destacar que o local de embalagem deve seguir as boas práticas de fabricação (BPF), que consistem na limpeza e higiene das instalações (câmaras frigoríficas, local de seleção e classificação e local de depósito de materiais) e do setor de instalações sanitárias de controle (serviços sanitários, lavatórios de mãos, áreas de vestuário, locais de depósito de lixo e dejetos), na higiene dos funcionários (vestuário de trabalho, práticas de higiene pessoal, lavagem das mãos) e na avaliação da qualidade da água utilizada no processamento, entre outras.

Outro aspecto importante no manejo pós-colheita é a rastreabilidade, que consiste na capacidade de fornecer o histórico de localização e utilização de produto ou lote, por meio da identificação única, devidamente registrada. Na etapa de pós-colheita, deve ser mantida a rastreabilidade gerada no campo.

## Comercialização

Muitos locais de comercialização do morango não oferecem condições adequadas de temperatura e manuseio das embalagens, ocasionando, assim, perdas significativas do produto. Os comerciantes deveriam ser orientados sobre os cuidados especiais que devem ser tomados ao trabalhar com um produto altamente perecível, visando, com isso, diminuir as perdas, para manter uma qualidade aceitável do produto até sua chegada à mesa do consumidor (FLORES CANTILLANO et al., 2003).

Estão arroladas, a seguir, algumas orientações sobre como diminuir perdas nos postos de venda ao consumidor:

- Manter a cadeia do frio, pois a refrigeração deve estar presente nos locais de venda dos morangos. A cadeia do frio é essencial para preservar a qualidade da fruta (Figura 14). Essa refrigeração é utilizada na maioria dos varejos, mas nem sempre é estendida aos morangos.
- Evitar o manuseio por parte do consumidor. Embora o consumidor tenha o direito de examinar o que compra, o manuseio excessivo das frutas provoca perdas. Por isso, o produtor deve manter um padrão de qualidade tão bom que desestimule o hábito de manusear o produto, por parte do comprador.



Foto: Rufino Fernando Flores Cantillano

**Figura 14.** Aspecto de uma gôndola refrigerada para frutas e hortaliças no interior de um supermercado.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Resolução RDC nº 184, de 22 de outubro de 2001.** Brasília, DF, 2001. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/2001/184\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/2001/184_01rdc.htm)>. Acesso em: 4 abr. 2012.

ALAVOINE, F.; CROCHON, M. Taste quality of strawberry. **Acta Horticulturae**, v. 265, p. 449-452, 1989.

ALVARENGA, J. O. Padronização, classificação e rotulagem de frutas e hortaliças. In: MANUAL operacional das Ceasas do Brasil. Belo Horizonte: Abracen, 2011. p. 109-113. Disponível em: <<http://abracen.org.br/wp-content/uploads/2014/05/manual.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2012.

BALBINO, J. M. S.; COSTA, H. Manejo na colheita e em pós-colheita do morango. In: BALBINO, J. M. S. (Ed.). **Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiro**. Vitória: Incaper, 2004. p. 67-76. (Incaper. Documentos, 124).

BIALE, J. B. Respiration of fruits. **Encyclopedia of plant physiology**, v. 12, n. 2, p. 536-592, 1960.

BRASIL. **Decreto nº 6.268, de 22 de novembro de 2007**. Regulamenta a Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000, que institui a classificação de produtos vegetais, seus subprodutos e resíduos de valor econômico, e dá outras providências. Brasília, DF, 23 nov. 2007. Retificado em 12 dez. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6268.htm#art117](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6268.htm#art117)>. Acesso em: 7 mar. 2015.

BRASIL. Instrução normativa conjunta nº 9, de 12 de novembro de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 221, 14 nov. 2002. Seção 1, p. 30.

BRASIL. **Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000**. Institui a classificação de produtos vegetais, subprodutos e resíduos de valor econômico, e dá outras providências. Brasília, DF, 26 maio 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/Ccivil\\_03/LEIS/L9972.htm](http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/LEIS/L9972.htm)>. Acesso em: 15 dez. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 201 de 1º de agosto de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília DF, 2 ago. 2006. Seção 1, p. 7.

CASTAÑEDA, L. M. F. **Qualidade físico-química e sensorial em pós-colheita de morangos sob armazenamento refrigerado e de laranjas em atmosfera modificada**. 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fruticultura de Clima Temperado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 785 p.

CLAYPOOL, L. L. Factores que influncian la calidad. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO, COSECHA Y POST-COSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS, 9., 1975, Santiago, **Anais...** Santiago: Universidad de Chile, 1975. p. 1-5.

FLORES CANTILLANO, R. F. **Estudio del efecto de las atmósferas modificadas durante el almacenamiento y comercialización de algunas frutas y hortalizas**. 1998. 276 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidade Politécnica de Valencia, Valencia.

FLORES CANTILLANO, R. F. Fisiologia e manejo na colheita e pós-colheita de morangos. In: CARVALHO, S. P. de. **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 97-105.

FLORES CANTILLANO, R. F.; ANTUNES, L. E. C.; CASTAÑEDA, L. M. F.; TREPTOW, R. O. Evaluation of postharvest quality of strawberry in Brazil. INTERNATIONAL STRAWBERRY SYMPOSIUM, 6., 2008, Huelva. **Abstracts...** Huelva: ISHS, 2008. p. 393.

FLORES CANTILLANO, R. F.; BENDER, J. R.; LUCHSINGER, L. L. Fisiologia e manejo pós-colheita. In: FLORES CANTILLANO, R. F. **Morango pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 14-24. (Frutas do Brasil, 42).

FLORES CANTILLANO, R. F.; CASTAÑEDA, L. M. F. Análise comparativa da logística de exportação de frutas do Brasil e do Chile. In: MARTINS, D. dos S. **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória: Incaper, 2005. p. 25-39.

FLORES CANTILLANO, R. F.; SILVA, M. M.da. **Manuseio pós-colheita de morangos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 36 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 318).

KADER, A. A. Postharvest and technology: an overview. In: KADER, A. A. **Postharvest of horticultural crops**. 2nd ed. Davis: University of California, 1992. p. 15-20.

KADER, A. A. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. In: DALE, A.; LUBY, J. J. **The strawberry into the 21st century**. Portland: Timber, 1991. v. 29, p. 145-152.

LIMA, L. C. de O. Qualidade, colheita e manuseio pós-colheita de frutos de morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 80-83, 1999.

LIZANA, A. L. Factores fisiológicos relacionados con el deterioro de frutas y hortalizas después de cosechados. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO, CALIDAD, COSECHA Y POST-COSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS, 9., 1975, Santiago. **Anais...** Santiago: Universidad de Chile, 1975. p. 6-18.

MANIKEN, K. K.; SÖDERLING, E. A quantitative study of mannitol, sorbitol, xilitol and xilose in wild berries and commercial fruits. **Journal of Food Science**, v. 45, p. 367-371, 1980.

MITCHAM, E. J.; CRISOSTO, C. H.; KADER, A. A. **Strawberry**: recommendations for maintaining postharvest quality. Davis: UC Davis Postharvest Technology, 2003. 3 p. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/Pffruits/Strawberry>>. Acesso em: 7 abr. 2016.

MITCHELL, G. F. Postharvest handling systems: small fruits (table grapes, strawberries, kiwifruit). In: KADER, A. A. **Postharvest of horticultural crops**. 2nd ed. Davis: University of California, 1992. p. 223-231.

MONTERO, T. M.; MOLLÁ, E. M.; ESTEBAN, R. M.; LÓPEZ-ANDRÉU, F. J. Quality attributes of strawberry during ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 65, p. 239-250, 1996.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. **Normas de classificação do morango**. São Paulo: Ceagesp, 2009. (Documentos, 33).

RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro**. Curitiba: Emater-Paraná, 1998. 206 p.

SHAMAILA, M.; BAUMANN, T. E.; EATON, G. W.; POWRIE, W. D.; SKURA, B. J. Quality attributes of strawberry cultivars grown in British Columbia. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 3, p. 696-699, 1992.

SHAW, D. V. Response to selection and associated changes in genetic variance for soluble solids and titratable acids contents in strawberries. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 115, n. 5, p. 839-843, 1990.





CAPÍTULO

# 20

## Segurança alimentar e ambiental

Maria Laura Turino Mattos  
Rufino Fernando Flores Cantillano



## Introdução

A segurança alimentar e a gestão da qualidade dos alimentos, com base em princípios científicos, bem como o apoio ao comércio justo e transparente, que tanto contribui para o desenvolvimento econômico quanto para a garantia dos meios de subsistência e a segurança alimentar, são compromissos inarredáveis assumidos pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2012a). No Brasil, o combate à fome e à pobreza promove o desenvolvimento agrícola, a melhoria da nutrição, a busca da segurança alimentar e o direito de acesso, a todas as pessoas e em qualquer momento, aos alimentos necessários para uma vida saudável (FAO, 2012b).

Na área de segurança dos alimentos, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) coordena, supervisiona e controla as atividades de registro, informação, inspeção, controle de riscos e estabelecimento de normas e padrões de alimentos. Com o objetivo de garantir as ações de vigilância sanitária de alimentos, bebidas, águas envasadas, insumos, embalagens, aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia, limites de contaminantes e resíduos de medicamentos veterinários, promove a segurança dos alimentos no Brasil. Essa atuação é compartilhada com alguns ministérios, como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), e com os estados e os municípios que integram o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2012a).

No âmbito do Mapa, existem vários programas que visam garantir a qualidade dos alimentos, com atuação na classificação e na certificação da identidade e da qualidade dos produtos vegetais. Para garantir a execução desses programas, o Mapa fiscaliza os estabelecimentos que preparam, embalam e comercializam produtos destinados ao consumo humano (BRASIL, 2012a). Na área de inspeção e fiscalização de alimentos, existe o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC), que é um programa federal baseado em análise de riscos, cujo objetivo maior é verificar a presença de resíduos de substâncias químicas potencialmente nocivas à saúde do consumidor, como resíduos de medicamentos veterinários, de agrotóxicos ou afins, de contaminantes ambientais (como as aflatoxinas) e de contaminantes inorgânicos (metais pesados) (BRASIL, 2012e).

A preocupação com a segurança dos alimentos envolve ações transversais do governo com a segurança do ambiente, em virtude dos riscos associados entre os dois segmentos. Nesse contexto, o Mapa desenvolve e estimula as boas práticas agropecuárias, privilegiando os aspectos sociais, econômicos, culturais, bióticos e ambientais. Nesse caso

estão incluídos os sistemas de produção integrada e a agricultura orgânica, que estão direcionados para a assistência técnica, o financiamento e a normatização das práticas rurais sustentáveis (BRASIL, 2012b).

A segurança sanitária dos alimentos oferecidos para consumo da população é um dos desafios da saúde pública (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2012b). Nesse contexto, iniciaram-se, em 2000, na Embrapa Clima Temperado, estudos sobre a microbiologia de alimentos com a cultura do morangueiro, em 200 amostras, com ênfase nas incidências de microrganismos, como forma de refletir a qualidade sanitária das etapas de coleta, transporte e embalagem, e as condições microbiológicas do morango fresco disponível para consumo.

A produção e o consumo de morangos inócuos para o consumo humano, isentos de contaminação microbiológica e de resíduos de agrotóxicos, produzidos com uma clara consciência de respeito ao homem e aos recursos naturais, converte-se em uma oportunidade viável para a fruticultura brasileira. O significativo aumento da demanda por esse tipo de produto reflete uma nova orientação nas preferências dos consumidores: morangos gerados com técnicas não agressivas ao meio ambiente e seguros para a saúde. Porém, os riscos químicos e microbiológicos são inerentes aos sistemas de produção agrícolas. Nesse novo cenário, os sistemas de produção integrada e orgânico de morango, com certificação oficial do governo brasileiro, vêm satisfazer as demandas de segurança química e microbiológica exigidas pelos consumidores.

Neste capítulo, são abordados os principais aspectos relacionados ao sistema Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e às boas práticas agrícolas (BPA) em cultivos de morango, integrado e orgânico, conforme a Norma Técnica Específica (NTE) de Produção Integrada de Morango (PIMo), estabelecida pela Instrução Normativa (IN) nº 14, de 1º de abril de 2008 (BRASIL, 2008b), do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa), e as atividades pertinentes ao desenvolvimento da agricultura orgânica, definidas pela Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, do Mapa (BRASIL, 2012c), disciplinadas pelo Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007 (BRASIL, 2007), que estabelece outras medidas relativas à qualidade dos produtos e processos. Esse embasamento legal, em conjunto com a abordagem analítica, constituída por uma revisão atualizada das pesquisas sobre contaminação microbiológica e química de morangos e águas, complementará a discussão em torno da segurança alimentar e ambiental em sistemas de produção convencional, integrado e orgânico.

## Segurança alimentar

Segurança alimentar é sinônimo de alimentos: a) inócuos, aceitos para o consumo humano de acordo com o uso a que foi destinado; b) que não apresentem perigos à saúde dos consumidores, como agentes biológicos, químicos ou físicos que possam causar efeitos adversos para a saúde; c) de boa qualidade, ou seja, nos quais os aspectos organolépticos, sensoriais, nutritivos e funcionais sejam valorizados; e d) disponíveis em quantidade suficiente e a preços acessíveis, para assegurar que a população possa gozar de um adequado estado de saúde e nutrição (MATTOS, 2006).

O público em geral deve considerar que alimentos seguros significam risco igual a zero, mas, para o produtor de alimentos, significa que é um risco aceitável. Risco igual a zero é impraticável, dada a quantidade de produtos alimentícios disponíveis, a complexidade da cadeia de distribuição e a natureza humana (FORSYTHE, 2002).

As fontes primárias de microrganismos encontradas em alimentos são: água, solo, plantas e derivados, utensílios, trato gastrointestinal, manipuladores de alimentos, rações animais, estoques animais, ar e pó (JAY, 2005). A contaminação das águas com agrotóxicos, metais pesados, bactérias patogênicas, vírus e parasitas podem comprometer a qualidade do morango in natura e o processado (MATTOS; CANTILLANO, 2004).

A composição geral dos morangos é de 89,9% de água, 8,3% de carboidratos, 0,8% de proteínas, 0,5% de gorduras e 0,5% de cinzas, além de conter vitaminas e outros compostos orgânicos. Com relação aos nutrientes, as frutas parecem suportar melhor o crescimento de bactérias, leveduras e bolores do que as hortaliças. No entanto, o pH das frutas é menor do que o considerado favorável ao crescimento de bactérias. Esse fato já suficiente para explicar a ausência de bactérias no início da deterioração das frutas (JAY, 2005). Estruturas superficiais, condições de umidade e nutrientes especiais podem explicar a inabilidade de *Listeria monocytogenes* para crescer sobre a epiderme do morango quando comparado com a superfície de outras frutas. A *L. monocytogenes* pode sobreviver, mas não se multiplicar na superfície de morangos frescos intactos ou fatiados, como também pode sobreviver sobre morangos congelados por, no mínimo, 4 semanas (FLESSA et al., 2005).

O estabelecimento das boas práticas agrícolas (BPA) para a segurança dos morangos foi proposto por Yoon et al. (2010), por terem detectado coliformes, *Bacillus cereus*, *Salmonella* e *Staphylococcus aureus* em amostras dessa fruta, coletadas em estufas e em *packaging-houses*.

O sistema APPCC é planejado para proporcionar a produção de alimentos microbiologicamente seguros, mediante a análise dos perigos referentes a todas as etapas do processo produtivo. Abrange, entre outras: a adequação de instalações, o controle de fornecedores, a segurança e a manutenção dos equipamentos de produção, a limpeza e a sanificação dos equipamentos e das instalações, a higiene pessoal dos funcionários, o controle de substâncias químicas e o controle de pragas (JAY, 2005).

As práticas higiênicas e sanitárias dos funcionários durante o processo de produção, colheita, classificação, empacotamento e transporte são imprescindíveis para minimizar o potencial de contaminação microbiana de morangos. Os equipamentos de refrigeração de ar e as áreas de refrigeração devem ser periodicamente limpos e inspecionados. Fontes potenciais de contaminação microbiana não devem estar situadas próximas das entradas de ar.

Os princípios do sistema APPCC são listados abaixo (JAY, 2005):

- Avaliar os perigos e os riscos associados com o crescimento, a colheita, as matérias-primas, os ingredientes, o processamento, a manufatura, a distribuição, a preparação e o consumo do alimento em questão.
- Determinar os pontos críticos de controle (PCC) para monitorar os perigos identificados.
- Estabelecer os limites críticos que devem ser seguidos para cada PCC identificado.
- Estabelecer procedimentos para monitorar os PCC.
- Estabelecer ações corretivas que devem ser tomadas quando o PCC verificar falha na conformidade.
- Estabelecer procedimentos para verificar se o sistema APPCC está funcionando de forma correta.
- Estabelecer sistemas de arquivamento de registro que documentem o plano APPCC.

A aplicação dos princípios do APPCC em sistemas de produção integrada do morango (PIMo) e produção orgânica de morango deve ser focada nos seguintes pontos críticos de controle (PCC): 1) contaminação microbiológica, causada por água, animais, insumos orgânicos, embalagens, mãos e vestuários externos dos manipuladores e lonas plásticas (MATTOS et al., 2005; RISTOW et al., 2005); 2) contaminação química, causada pelo uso de



desinfetantes, metais pesados, agrotóxicos e afins; e 3) contaminação física, causada por pregos, madeiras, insetos, cabelos, unhas, papel, pelos, metais, dentes, caroços, vidros, etc.

## Estudos de caso: contaminação microbiológica de morangos

### Sistema de produção convencional

O sistema de produção convencional do morango envolve, principalmente, pequenos produtores rurais que utilizam a mão de obra familiar, sendo a maior parte da produção destinada ao mercado in natura (ANTUNES; DUARTE FILHO, 2005).

A qualidade microbiológica de morangos in natura produzidos em uma propriedade familiar no Município de Pelotas, RS, antes da implementação do sistema de APPCC no campo, nesse estrato produtivo, foi empregada como indicador de segurança alimentar em trabalho realizado por Mattos e Cantillano (2002). A investigação incluiu amostras de resíduos nas mãos e nas luvas usadas pelo produtor, no jornal utilizado para forrar o fundo da caixa de coleta e na borda da caixa de coleta (Figura 1). Também foram obtidas amostras de morangos colhidos diretamente da planta, pelas mãos do produtor, sem usar as luvas (Figura 2A), com as luvas do produtor (Figura 2B), com luvas desinfetadas (Figura 2C), e também da caixa de coleta do produtor (Figura 2D). Amostras de água também foram coletadas em distintos pontos da propriedade: no tanque próximo ao açude, no açude e na torneira da cozinha.

Os autores observaram que, nas amostras de morango, o crescimento de *Escherichia coli*, indicativo de contaminação fecal, não foi verificado. Porém, foi detectada a presença de coliformes totais (105 UFC por grama de amostra) e de outras enterobactérias (*Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Klebsiella* sp., *Enterobacter* sp., *Proteus* sp., *Yersinia* sp.) (104 UFC g<sup>-1</sup> de amostra) (Figura 3). Os pontos críticos apontados para o controle de higiene foram mãos e luvas do produtor e caixas de coleta. Quanto às amostras de água, constatou-se a presença de coliformes totais e de outras enterobactérias somente no tanque próximo ao açude e no próprio açude, enquanto *E. coli* não foi detectada em valores significativos.

Diante do exposto, evidenciou-se a necessidade de implementar APPCC no campo, bem como fazer uso de embalagens íntegras e higienizadas para a coleta e o

Fotos: Maria Laura Turino Mattos



**Figura 1.** Método de coleta de amostras: da borda da caixa de coleta de morangos (A); do jornal utilizado para forrar o fundo da caixa de coleta (B); da luva (C); da mão do produtor (D).

acondicionamento das frutas, de preferência de plástico, visando atender à Instrução Normativa (IN) conjunta da Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo (Sarc), do Mapa, da Anvisa, do Ministério da Saúde (MS) e do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) nº 009, de 12 de novembro de 2002, para diminuir a incidência de microrganismos e manter a qualidade e a segurança dos morangos (MATTOS; CANTILLANO, 2002).

No caso do morango, a situação de incidência de microrganismos nos morangos é mais grave no manejo pós-colheita, porque os frutos não são submetidos à lavagem que possa garantir a eliminação ou a diminuição da contaminação. Portanto, o nível de contaminação presente na colheita permanecerá nos locais de distribuição e venda, com a consequente perda da qualidade e queda da segurança do alimento. Para o consumo in natura dos morangos, medidas de higiene devem ser adotadas, como lavagens subsequentes, em



Fotos: Maria Laura Turino Mattos

**Figura 2.** Coleta de morangos: diretamente da planta com as mãos do produtor sem luvas (A); diretamente da planta com as luvas do produtor (B); diretamente da planta com luvas desinfetadas (C); da caixa de coleta do produtor com luvas desinfetadas (D).

**Figura 3.** Incidência de bactérias (coliformes totais e outras enterobactérias) em amostras de morango: controle [coleta com luvas desinfetadas (ausência)] (A), de resíduos em mãos do produtor (B), no jornal da caixa de coleta (C), na caixa de coleta do produtor (D), na coleta do produtor (E), na borda da caixa de coleta (F) e em luvas do produtor (presença) (G).

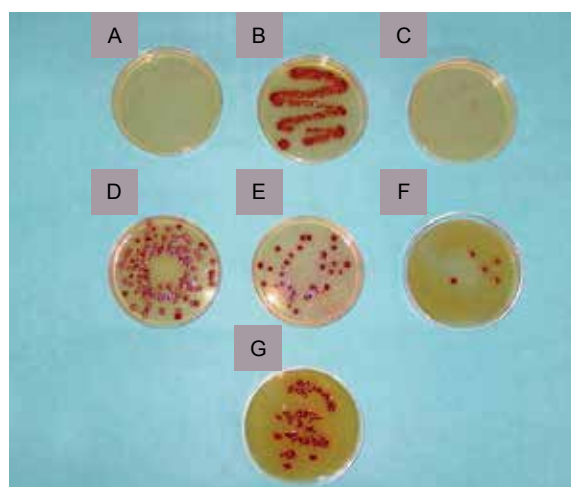


Foto: Maria Laura Turino Mattos

água corrente potável, e imersão em soluções desinfetantes, recomendadas pela pesquisa científica. Jay (2005) ressalta que a incidência de microrganismos em vegetais deve refletir a qualidade sanitária das etapas de processamento e as condições microbiológicas do produto fresco na hora do processo.

Investigando esse assunto, Mattos e Feijó (2005) demonstraram, em um estudo com morangos in natura, embalados em bandejas com filme plástico, comercializados em redes

de supermercados, no Município de Pelotas, RS, que, em 100% das amostras analisadas, não foram detectadas as presenças de *Escheria coli*, *Salmonella* sp. e *Shigella* sp. (Figura 4). Porém, verificou-se a presença significativa de coliformes totais ( $> 10$  UFC mL<sup>-1</sup>) e outras enterobactérias ( $> 10$  UFC mL<sup>-1</sup>). Em razão disso, foi aplicado o seguinte tratamento: no tratamento 1, que serviu de controle, os morangos não foram lavados; no tratamento 2, foram lavados por três vezes, com 1 L de água corrente; e no tratamento 3, os morangos foram lavados três vezes, com 1 L de água



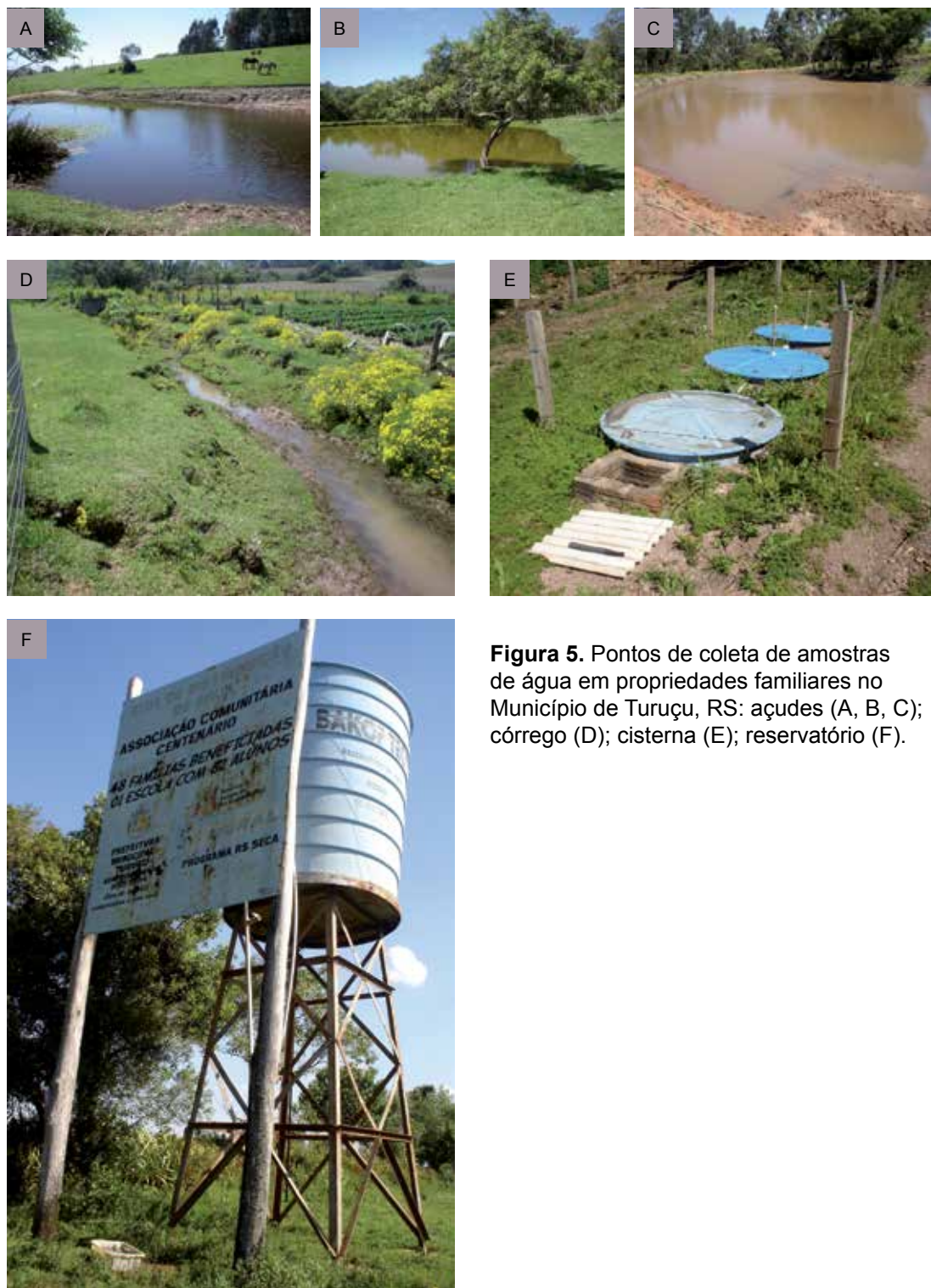
Foto: Maria Laura Turino Mattos

**Figura 4.** Amostras de morangos in natura embalados em bandejas com filme plástico, comercializados em redes de supermercados, no Município de Pelotas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2012.

corrente, e, em seguida, foram imersos em uma solução de água com vinagre de vinho tinto (pH 3,9), na proporção de 1 L:5 mL, durante 15 minutos. O tratamento 3 controlou 100% a contaminação por coliformes totais e 90% por outras enterobactérias. Assim, o consumidor, ao adotar essa simples medida de higiene, pode minimizar os riscos microbianos dos morangos.

Em outro estudo realizado na safra 2006/2007, em cinco propriedades localizadas no Município de Turuçu, RS, localidades de Picada Flor e Corrientes, Mattos et al. (2008) verificaram a necessidade de controle da contaminação de morangos irrigados com água destinada à irrigação de lavouras, a caixas d'água, poços, açudes e córregos. Os autores pesquisaram a incidência de coliformes totais e fecais (*Escherichia coli*) em poços, caixas de água, açudes, córrego, cisterna, poço artesiano comunitário e caixa d'água comunitária (Figura 5). Constataram, então, a presença de coliformes fecais na água da caixa central que abastece uma grande parte da população, motivo por que recomendaram sua imediata





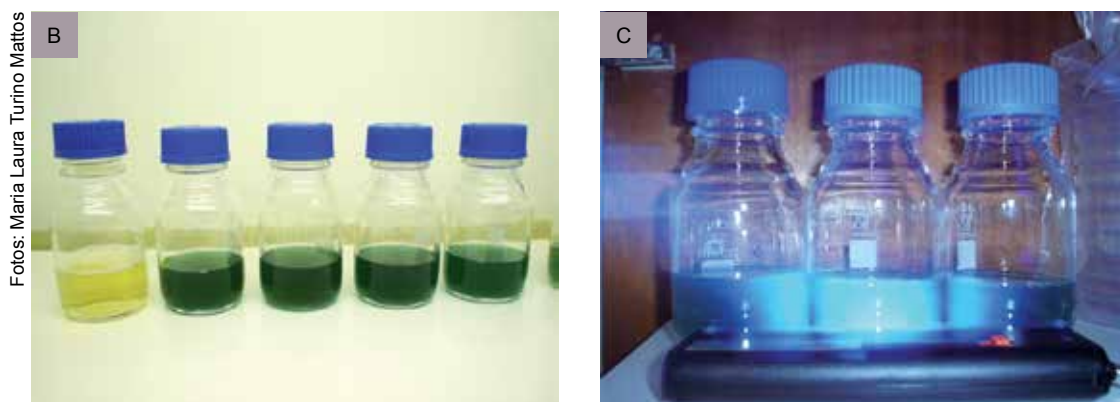
Fotos: Ane Gerber Crochemore

**Figura 5.** Pontos de coleta de amostras de água em propriedades familiares no Município de Turuçu, RS: açudes (A, B, C); córrego (D); cisterna (E); reservatório (F).

limpeza. Como a água para a irrigação dos morangos é originária, principalmente, dos açudes, os autores sugeriram cuidado redobrado com o seu controle, pois a água pode ser um veículo de contaminação microbiológica. Quanto à qualidade microbiológica de morangos da cultivar Camarosa, coletados de canteiros com túneis plásticos, investigaram a presença de coliformes totais, *E. coli*, e outras enterobactérias, *Salmonella* sp. e *Staphylococcus aureus*. Os morangos apresentaram o padrão microbiológico e sanitário para *Salmonella* sp., ou seja, ausência dela, conforme determina a legislação brasileira (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008).

Posteriormente, Venzke et al. (2010), diagnosticando também, no período de agosto a dezembro de 2007, a qualidade microbiológica de águas superficiais destinadas à irrigação de morangos, em 15 propriedades familiares, no Município de Turuçu, RS, observaram que, em 100% dos pontos investigados, foi detectada a presença de 92,36% de coliformes totais e 89,58% de *Escherichia coli* (Figura 6). Os pontos amostrados foram os seguintes: açude, arroio, pós-filtragem no sistema de irrigação, reservatório e vertente. Os resultados revelaram alto risco de contaminação dos morangos produzidos nessas propriedades familiares. As águas não apresentaram o padrão de qualidade exigido para a irrigação do morango, conforme a Resolução Conama nº 357, de março de 2005, para águas doces de Classe 1.

Por sua vez, Estrela et al. (2009), ao avaliarem, em 14 propriedades pertencentes à Associação de Produtores de Morangos de Turuçu, RS, o efeito de parâmetros de qualidade de água sobre o potencial de ocorrência de danos ao sistema de irrigação localizada por gotejamento, determinando suas características físico-químicas e microbiológicas,



**Figura 6.** Teste presuntivo para a presença de coliformes totais (A); confirmação de *Escherichia coli* em amostras de águas (B) destinadas à irrigação de morangos, em propriedades familiares, Turuçu, RS. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2012.

constatarem que os percentuais elevados de águas com detecção de coliformes fecais (*Escherichia coli*) se deveram à presença de animais no entorno das fontes de captação de água para a irrigação das lavouras de morango.

Em síntese, com base nos resultados de pesquisas realizados no Município de Turuçu, RS, e considerando o sistema de produção convencional do morango, constatou-se que o consumidor brasileiro nem sempre tem acesso a informações precisas sobre o alimento que está adquirindo (neste caso, morangos), assim como não tem garantia de suas qualidade e segurança. Como medida de prevenção dessa situação, o Mapa implementou o sistema de produção integrada agropecuária (PI-Brasil), buscando, entre outros aspectos, apoiar as cadeias produtivas para fazer frente às exigências mercadológicas e elevar os padrões de qualidade e competitividade dos produtos agropecuários ao patamar de excelência requerido pelos mercados (BRASIL, 2010).

## Sistema de produção integrada

A produção integrada (PI) é um sistema moderno, baseado em boas práticas agropecuárias. O modo de produzir contribui para o desenvolvimento humano, levando em conta a segurança do trabalhador, a legislação trabalhista, a qualidade de vida dos produtores e comunidades, a conservação do meio ambiente (especialmente solo e água), a sanidade e o bem-estar dos animais. Os procedimentos garantem a continuidade do sistema produtivo, com a sustentabilidade ao longo dos anos, e elevam os padrões de qualidade e a competitividade dos produtos ao patamar de excelência (BRASIL, 2010).

A Embrapa Clima Temperado, em conjunto com outras instituições de pesquisa do Sul e do Sudeste do País, implementou, em 2004, o sistema Produção Integrada de Morango (PIMo), visando estimular a adoção de boas práticas agrícolas (BPA), como o manejo integrado de doenças, com foco na prevenção e no controle dos riscos à saúde humana, decorrentes do uso não correto de agrotóxicos, que poderão gerar, consequentemente, morangos contaminados. Ao mesmo tempo, a PIMo prevê a conservação dos recursos naturais (solo, água, biodiversidade vegetal, animal e microrganismos, matas nativas, etc.) e a responsabilidade social, garantindo a sustentabilidade da atividade de produção de morango (MATTOS, 2006).

Examinar os riscos microbianos que afetam a segurança alimentar dos morangos e as práticas agrícolas referentes ao cultivo, à colheita, à lavagem, à classificação, à embalagem e



ao transporte de morangos comercializados embalados é uma necessidade na PIMo. A contaminação das águas destinadas à irrigação e à higienização pessoal, de utensílios e superfícies, com bactérias patogênicas, pode comprometer a qualidade e a aceitação dessa fruta.

As práticas higiênicas e sanitárias dos funcionários durante o processo de produção, colheita, classificação, empacotamento e transporte têm um papel crítico na minimização do potencial de contaminação microbiana de morangos. Os equipamentos de refrigeração de ar e as áreas de refrigeração devem ser periodicamente limpos e inspecionados. Fontes potenciais de contaminação microbiana não devem ser situadas próximo das entradas de ar (MATTOS, 2006).

O esterco animal é uma fonte significativa de patógenos que podem provocar a contaminação de morangos. Portanto, o uso de esterco deve ser cuidadosamente administrado e somente na forma de composto, para minimizar o risco microbiano na PIMo (MATTOS, 2006).



Foto: Luis Eduardo Corrêa Antunes

**Figura 7.** Lavouras de morango das cultivares Aroma e Camarosa monitoradas em uma granja-piloto da PIMo.

A preocupação com os microrganismos patogênicos nos morangos oriundos de produção integrada justificou-se em uma pesquisa recente, realizada por Mattos e Antunes (2006), em uma granja-piloto da PIMo, localizada no Município de Caxias do Sul, RS, na safra 2005/2006, onde lavouras de morango das cultivares Aroma e Camarosa foram monitoradas (Figura 7).

Os autores analisaram os morangos coletados no campo e embalados em um *packing-house* por funcionários da granja. Investigaram a presença de bactérias da família *Enterobacteriaceae* (gêneros *Escherichia*, *Salmonella* e *Shigella*), juntamente com outras enterobactérias e o grupo coliformes totais. Prospectaram também a presença de *Staphylococcus aureus*, indicativo de contaminação da pele, da boca e das fossas nasais dos manipuladores de alimentos, bem como da sanitização inadequada de materiais e equipamentos (MATTOS; ANTUNES, 2006).

O índice de coliformes fecais é empregado como indicador de contaminação fecal, ou seja, de condições higiênico-sanitárias, sendo a população desse grupo constituída de uma alta proporção de *E. coli*, cujo habitat exclusivo é o trato intestinal do homem e de outros microrganismos entéricos na amostra. Altas contagens desse índice significam contaminação pós-processamento, limpeza e sanificação deficientes, tratamentos térmicos ineficientes ou multiplicação durante o processamento ou estocagem.

Os resultados dessa pesquisa indicaram que o sistema PIMo praticado na área-piloto possibilitou a obtenção de morangos com qualidade microbiológica em conformidade com os princípios da APPCC, comprovada pela ausência de *E. coli*, *Salmonella* sp. e *S. aureus* (MATTOS; ANTUNES, 2006).

É importante que, durante todo o processo da PIMo, sejam usadas técnicas que impeçam a contaminação microbiológica das frutas, por meio de boas práticas em todas as etapas de produção, e finalizando com um sistema de rastreabilidade, em avaliação de conformidade e certificação (TORDIN, 2011a). Um exemplo bem-sucedido vem da experiência de produtores dos municípios de Atibaia, Jarinu e Valinhos, no Estado de São Paulo, que há 6 anos se uniram na busca da certificação da PIMo. Os itens da norma técnica nas lavouras e em diversos pontos de apoio foram auditados. Amostras de morangos foram coletadas e enviadas para análise microbiológica e de resíduos de agrotóxicos. O resultado da auditoria indicou conformidade para essas análises, comprovando que os morangos da PIMo não continham riscos (químicos e microbiológicos) à saúde dos consumidores (TORDIN, 2011b).

## Sistema de produção orgânica

O sistema de produção orgânica está oficializado pelo Mapa, que desenvolveu normas disciplinadoras para a produção, a tipificação, o processamento, o envase, a distribuição, a identificação e a certificação da qualidade de produtos orgânicos, de origem animal e vegetal, no Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007, que regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, a qual dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências relativas à qualidade dos produtos e processos.

Na agricultura orgânica, não é permitido o uso de substâncias que coloquem em risco a saúde humana e o meio ambiente. Não são utilizados agrotóxicos, fertilizantes sintéticos solúveis e transgênicos. Para ser considerado orgânico, o produto tem de ser produzido em um ambiente de produção orgânica, onde se utilizam, como base do processo produtivo,

os princípios agroecológicos que contemplam o uso responsável do solo, da água, do ar e dos demais recursos naturais, respeitando as relações sociais e culturais (BRASIL, 2012d).

Dois conceitos são fundamentais na produção orgânica: a relação de confiança entre produtor e consumidor e o controle de qualidade. O selo SisOrg é obtido por meio de uma certificação por auditoria ou por um sistema participativo de garantia. Os agricultores familiares são os únicos autorizados a realizar vendas diretas ao consumidor sem certificação, desde que integrem alguma organização de controle social cadastrada nos órgãos fiscalizadores (BRASIL, 2012d).

As normas técnicas para o Sistema Orgânico de Produção Vegetal a serem seguidas por toda pessoa física ou jurídica responsável por unidades de produção em conversão ou por sistemas orgânicos de produção, regulamentadas na Instrução Normativa (IN) nº 64, de 18 de dezembro de 2008, do Mapa, considera que (BRASIL, 2008a):

- Biofertilizante é o produto que contém componentes ativos ou agentes biológicos capazes de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, melhorando o desempenho do sistema de produção e que seja isento de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos.
- Compostagem é o processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo o material ser enriquecido com minerais ou agentes capazes de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas e isento de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos.
- Composto orgânico é o produto obtido por processo de compostagem.

Em 24 de maio de 2011, foi publicada a IN Conjunta nº 1 SDA/SDC/Anvisa/Ibama, na qual são detalhados os procedimentos para o registro de um “produto fitossanitário com uso aprovado para a agricultura orgânica”. Além disso, a IN nº 46, de 6 de outubro de 2011, que substitui a IN nº 64, de 2008, arrola uma série de substâncias que podem ser utilizadas como insumos na agricultura orgânica. A IN nº 46 faz ainda algumas restrições, como a proibição de insumos que apresentem propriedades mutagênicas ou carcinogênicas. No seu Anexo VI, constam os valores de referência utilizados como limites máximos de contaminantes admitidos em compostos orgânicos, resíduos de biodigestor, resíduos de lagoa de decantação e fermentação, e excrementos oriundos de sistema de criação com o uso intenso de alimentos e produtos obtidos de sistemas não orgânicos (BRASIL, 2011).

A legislação apresentada é base para o sistema de produção orgânica de morango em que são usados vários adubos e meios de controle de pragas, os quais, se não administrados cuidadosamente, podem acarretar problemas referentes a contaminações microbiológicas nos frutos. Culturas rentes ao solo, como é o caso do morango, são mais vulneráveis a patógenos que podem sobreviver no solo; ademais, como podem ser borrifadas com terra durante a irrigação ou chuvas fortes, correm riscos de contaminação, caso os organismos patogênicos do esterco persistam no solo (BRASIL, 2008a). Dessa forma, a substituição de insumos químicos por orgânicos deve estar embasada nos princípios de inocuidade alimentar e de segurança ambiental. A água é um elemento que, a par de estar exposto a micróbios comuns a um insumo orgânico, é um veículo disseminador de contaminação localizada no campo.

A sociedade demanda por alimentos orgânicos com qualidade, seguros e inócuos para a saúde. Daí a necessidade de conscientização da população sobre a obrigatoriedade da higienização de pequenas frutas orgânicas consumidas in natura, especialmente o morango, principalmente porque ele é consumido com casca.

Ristow et al. (2005), ao constatarem, em sistema de produção orgânica de morango, a presença significativa de *Escherichia coli* ( $> 102 \text{ UFC mL}^{-1}$ ), coliformes totais e outras enterobactérias em amostras de esterco bovino ( $> 103 \text{ UFC mL}^{-1}$  e  $> 105 \text{ UFC mL}^{-1}$ ) e de resíduo industrial ( $> 105 \text{ UFC mL}^{-1}$  e  $> 107 \text{ UFC mL}^{-1}$ ), respectivamente, indicaram que os pontos críticos para o controle de contaminação microbiológica, visando ao consumo seguro dessa fruta, foram a água de irrigação, a lona plástica utilizada na cobertura dos canteiros e os adubos orgânicos (esterco bovino e resíduo industrial, composto por casca esgotada de acácia-negra, resíduo industrial de óleo de soja, de gelatina e de couro, de maltaria, de abatedouros e da agroindústria de polpa e sucos de frutas).

Mais recentemente, Mattos et al. (2007), em experimento de produção orgânica de morangos, conduzido em canteiros com cobertura plástica, com a cultivar Aromas, avaliaram a qualidade microbiológica de morangos (Figura 8), os insumos orgânicos e a água de irrigação (Figura 9), em tratamentos em aplicação foliar. O experimento consistiu em: 1) testemunha (sem aplicação de insumo orgânico; somente água); 2) extrato pirolenhoso destilado; 3) extrato de erva-cidreira, 1%; 4) húmus líquido de bovino, 5%; 5) húmus líquido de bovino, 10%; e 6) adubação de base realizada com húmus sólido de minhoca. Os autores constataram a presença significativa de microrganismos patogênicos no húmus líquido de bovino e no húmus sólido de minhoca, enquanto os morangos orgânicos não apresentaram inocuidade para o consumo in natura sem a adoção de práticas de higiene.

Foto: José Ernani Schwengber



**Figura 8.** Área experimental de produção orgânica de morangos. Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS.

ções microbiológicas de morangos, de biofertilizante e da água de irrigação (Figura 10), e observaram a detecção significativa de coliformes totais e outras enterobactérias nas frutas. Da mesma forma, as condições microbiológicas das águas não foram conformes, enquanto as físicas apresentaram a qualidade para águas da Classe 1 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama). Por sua vez, a contaminação microbiológica foi maior no biofertilizante, com a presença significativa de coliformes totais, *Escherichia coli*, outras enterobactérias e *Staphylococcus aureus*. Assim, a contaminação dos morangos foi associada com a qualidade microbiológica do biofertilizante e da água de irrigação.

Diante do exposto, é importante atentar para a presença de perigos na produção orgânica de morangos e na atividade frutícola

Por sua vez, os insumos orgânicos húmus líquido de bovino e húmus sólido de minhoca apresentaram risco microbiológico para o sistema de produção de morango orgânico, indicando a necessidade de adoção de boas práticas agrícolas para o manuseio desses biofertilizantes. Os resultados dessa pesquisa indicaram que a água de irrigação foi veículo de contaminação microbiana no sistema de produção de morango orgânico, ditando, em associação com o húmus líquido bovino, a qualidade microbiológica dos morangos.

Em outro estudo, Mattos et al. (2010), em experimento realizado na Estação Experimental Cascata, da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, em duas safras consecutivas, com três cultivares de morango (Camino Real, Camarosa e Ventana), realizaram avalia-



Foto: José Ernani Schwengber

**Figura 9.** Procedimento de coleta de água de sistema de irrigação em lavoura experimental de produção orgânica de morango. Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS.



em geral, como a contaminação por microrganismos patogênicos e por toxinas microbianas. Porém, com a aplicação de recursos preventivos, como as BPA e os princípios de APPCC, é possível manter o controle microbiano. Ainda assim, os consumidores não devem se descuidar da prática da higiene dos morangos, que deve ser permanentemente usada.



Foto: Luiz Lanzetta Aguiar

**Figura 10.** Processamento de morangos orgânicos em *bag mixer*.

## Estudos de caso: contaminações por resíduos de agrotóxicos

O uso de agrotóxicos na fruticultura, em especial na cultura do morangueiro, e a consequente contaminação das frutas, tem sido alvo de constante preocupação no âmbito da saúde pública e da sociedade. Não é por outro motivo que é preciso fazer avaliações toxicológicas e estabelecer parâmetros de segurança relativos à sua utilização, bem como programas e ações de controle, cientificamente embasados e tecnicamente aplicáveis.

As populações humanas, de modo geral, são expostas aos agrotóxicos em diferentes níveis, principalmente pela ingestão de alimentos com excesso de resíduos. Resíduos de agrotóxicos, bem como de seus metabólitos, podem ser encontrados no sangue, na urina, no leite, no tecido adiposo e em outros tecidos. A contaminação é proveniente de deriva durante a aplicação, de excesso de aplicação, de excesso de resíduos em alimentos e na água, do uso e do destino incorreto das embalagens, do uso doméstico em ambientes fechados, das práticas agrícolas errôneas, assim como da não observância de intervalo de carência (prazo determinado entre a última aplicação do agrotóxico e a colheita), entre outros (GRISOLIA, 2005).

Diante da acentuada desinformação e das repetitivas teses de que necessariamente o uso de produtos agroquímicos conduz à contaminação do alimento, do aplicador e do agroecossistema, deve-se responder com informações cientificamente produzidas nos próprios ecossistemas (GONZALES, 2002).

Dependendo de sua toxicidade e do tempo que permanecem disponíveis no meio ambiente (persistência), os agrotóxicos podem interferir em processos básicos do ecossistema, tais como a respiração do solo, a ciclagem de nutrientes, a mortalidade de peixes e aves e a

redução de suas populações, entre outros efeitos. Em razão dessa problemática, os agrotóxicos são avaliados antes da produção, da exportação, da importação, da comercialização e do uso, sendo, por lei, obrigatório o registro desses produtos, com a avaliação dos órgãos federais responsáveis pelos setores da saúde, do meio ambiente e da agricultura (IBAMA, 2010).

A Anvisa, ciente de seu papel institucional e provida de condições técnicas e administrativas, iniciou, em 2001, o Projeto de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA), visando avaliar a qualidade dos alimentos no que concerne a resíduos de agrotóxicos. O projeto foi transformado em programa, por meio da Resolução RDC nº 119, de 19 de maio de 2003, vindo, assim, ao encontro dos anseios dos profissionais dedicados à melhoria da qualidade de vida da população, fornecendo uma ferramenta para garantir a qualidade e a segurança alimentar no que tange a resíduos de agrotóxicos (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008).

A avaliação contínua dos níveis de resíduos de agrotóxicos nos alimentos in natura que chegam à mesa do consumidor, realizada pelo projeto Para, é um aliado importante dos setores de fiscalização do uso de agrotóxicos do Mapa para evitar possíveis agravos à saúde da população e ao meio ambiente.

Entre as culturas analisadas pelo projeto Para, conforme o relatório de atividades de 2001 a 2007, o morango destacou-se, no período de 2001 a 2003, em virtude do alto índice de contaminação detectado nas amostras oriundas dos estados integrantes do programa (Pernambuco, Minas Gerais, São Paulo e Paraná), muitas das quais estavam contaminadas com resíduos de até cinco distintos ingredientes ativos. O projeto PARA constatou aumento de toxicidade para a cultura do morango, de 46% para 54,4%, verificando que 89% das ocorrências de contaminação são decorrentes do uso de agrotóxicos não permitidos (Tabela 1). De acordo com a Anvisa, o alto índice de irregularidades no morango ocorre em decorrência da vulnerabilidade dessas plantas a pragas, levando os produtores a usar agrotóxicos abusivamente, para o controle fitossanitário (MATTOS; UENO, 2004). O histórico das irregularidades encontradas permite concluir que o maior problema no tocante aos níveis de resíduos de agrotóxicos nos alimentos in natura não está na forma de aplicação do produto na cultura, além dos limites permitidos, mas, sim, no uso indiscriminado de agrotóxicos não autorizados para as culturas (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008).

Em 2008, foram analisadas 86 amostras de morango, sendo que 36,05% (31 amostras) foram consideradas insatisfatórias (Tabela 1). Foram detectados resíduos dos seguintes ingredientes ativos não autorizados para a cultura: endossulfam (em dez amostras),



**Tabela 1.** Índice de contaminação por agrotóxicos em amostras de morango coletadas nos seguintes estados: AC, BA, DF, ES, GO, MG, MS, PA, PE, PR, RJ, RS, SC, SE e TO.

Ano de coleta da amostra de morangos	Índice de contaminação (%)
2001/2002	46,03
2003	54,55
2004	39,07
2005	-
2006	37,68
2007	43,62
2008	36,05
2009	50,80
2010	63,40

(-) = amostra não realizada.

Fonte: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2008, 2009, 2010, 2011).

captana (em oito amostras), clorfenapir (em oito amostras), metamidofós (em cinco amostras), acefato (em três amostras), clorotalonil (em duas amostras), deltametrina (em duas amostras), clorpirifós (em duas amostras), folpete (em duas amostras), procloraz (em duas amostras) e tetradifona (em uma amostra). Os resíduos acima do LMR foram: ditiocarbamatos (2), fempropatrina (1) e tebuconazol (1). Nas 31 amostras irregulares, foram constatadas 49 ocorrências de resíduos, ou seja, algumas amostras apresentaram resíduos de mais de um ingrediente ativo. Pelos resultados encontrados é possível observar que a utilização de agrotóxicos na cultura do morango é muito intensa, com ampla utilização de ingredientes ativos não autorizados. O percentual de irregularidades em 2007 foi de 43,62% contra 36,05% no ano de 2008 (Tabela 1). Apesar da redução, essa porcentagem de irregularidades ainda é considerada alta (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2009).

Em 2009, os resultados do projeto Para revelaram que, em 50,8% das amostras de morango analisadas, foram detectados ingredientes ativos não autorizados (NA) para a cultura (Tabela 1). Os ingredientes ativos detectados acima do limite máximo de resíduo (LMR) permitido nas amostras insatisfatórias de morango foram carbendazim, ditiocarbamato (cs2) e tebuconazol. Além disso, quatro amostras apresentaram uma substância banida do Brasil: parationa-etílica (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2010).

Em 2010, foram realizadas coletas de amostras segundo o plano de amostragem estabelecido pelo projeto Para, pelos seguintes estados: Acre, Alagoas, Amapá, Amazonas,

Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, Santa Catarina, Sergipe e Tocantins. Os ingredientes ativos não autorizados encontrados nas amostras insatisfatórias (63,4%) de morango foram clorfenapir, tiabendazol, endossulfam, captana, folpete, procloraz, clorotalonil, metomil, acefato, clorpirifos, dimetoato, fosmete, metamidofos, parationa-metílica e profenofos. Desses, 51,8% são não autorizados para a cultura e 2,7% com detecção acima do LMR (carbendazim e precursores de CS<sub>2</sub>) (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2011). Eis aí um forte motivo para convencer a população a consumir apenas os alimentos da estação e conduzidos por métodos de produção integrada, que, em princípio, recebem uma carga menor de agrotóxicos. Consumir alimentos orgânicos também pode reduzir a exposição dietética aos agrotóxicos, além de contribuir para a manutenção de uma cadeia de produção de alimentos ambientalmente mais saudável (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2011).

Os resultados foram insatisfatórios porque as amostras apresentaram níveis de resíduos de agrotóxicos acima dos limites máximos estabelecidos pela legislação ou as amostras apresentaram resíduos de agrotóxicos não autorizados para a cultura.

A produção integrada de morango (PIMo), sistema de produção que visa à obtenção de morangos de alta qualidade, minimizando o uso de agroquímicos, fomentando boas práticas agrícolas, a conservação e a preservação do meio ambiente, a preservação da saúde do consumidor e dos trabalhadores rurais, desponta nesse cenário como uma das opções para a superação de barreiras comerciais fitossanitárias frente aos resultados obtidos pelo projeto Para. Ao mesmo tempo, é um sistema de adesão voluntária que, aos produtores, poderá garantir a permanência no mercado, e aos consumidores, a certeza de um produto seguro, conferido por meio de um selo de conformidade.

Com o objetivo de verificar os resíduos de fungicidas e inseticidas em morangos cultivados nos sistemas de produção integrada e convencional, foram monitoradas lavouras de morangueiro em duas áreas-piloto (AP) da PIMo, localizadas em propriedades familiares, nos municípios de Caxias do Sul (AP1) e Turuçu (AP2), RS, nas safras agrícolas 2005/2006 e 2006/2007. A seguir, a listagem dos ingredientes ativos monitorados: acefato, aldrin, aletrina, azinfós etílico, azinfós metílico, azoxistrobina, befentrina, bioaletrina, bromopropilato, captana, carbendazim, carbofenotiona, ciflutrina, cimoxanil, cipermetrina, ciproconazol, clordano, clorvenfivós, clorotalonil, clorpirifós, clorpirifós metílico, DDT total e seus metabólitos, deltametrina, diazinona, diclorvós, dicofol, dieldrin, difeconazol, dimetoato, dissulfotona,

ditiocarbamatos, endosulfam, endrin, esfenvalerato, etiona, etoprofós, etrinfós, fenamifós, fenarimol, fenitrotiona, fenpropatrina, fentiona, fentoato, fenvalerato, fluasifope-p-butílico, flutriafol, folpete, forate, HBC, HCH, heptacloro, heptacloro epóxido, imazalil, iprodiona, lambdacialotrina, lindano, malaoxona, malationa, metamidofós, metidationa, mevinfós, miclobutanil, mirex, monocrotofós, 1-naftol, pemetrina, pirazofós, pirimifós etílico, pirimifós metílico, procimidona, procioraz, trifluralina, vamidotona, vinclozolina.

Na área piloto 1 (AP1), foram detectados os ingredientes ativos difenoconazol, azoxistrobina e captana em morangos oriundos de ambos os sistemas de produção. A Anvisa estabelece o limite máximo de resíduos (LMR) em morangos em  $0,30 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $0,50 \text{ mg kg}^{-1}$  para os ingredientes ativos azoxistrobina, captana e difenoconazol, respectivamente. Dos agrotóxicos detectados, somente o fungicida azoxistrobina foi detectado acima do LMR permitido para o morango, em sistema de produção convencional. Salienta-se que os ingredientes ativos detectados podem, com uma maior frequência de aplicação, apresentar concentração acima dos limites máximos permitidos.

Na AP2, foram detectados os ingredientes ativos tebuconazol e tiofanato-metílico em morangos oriundos do sistema convencional. A Anvisa estabelece o LMR em morangos em  $2,0 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $5,0 \text{ mg kg}^{-1}$ , para os ingredientes ativos tebuconazol (triazol) e tiofanato-metílico (benzimidazol), respectivamente. Esses fungicidas foram detectados abaixo do LMR permitido para o morango, conforme determinação da Anvisa. Porém, o fungicida tiofanato-metílico apresentou concentração próxima à do LMR em algumas repetições de amostras de campo, indicando a necessidade de uma orientação ao produtor sobre o manejo integrado de doenças (MID).

Em razão do exposto e dos resultados de monitoramentos realizados até o presente momento em morangos provenientes de municípios localizados em duas regiões distintas do Rio Grande do Sul – serra e litoral sul –, pode-se inferir que, com a adoção de boas práticas agrícolas e o manejo integrado de pragas, requisitos obrigatórios da PIMo, os riscos associados aos resíduos de agrotóxicos serão minimizados com a racionalização do uso de agrotóxicos, que é premissa básica para a obtenção de um alimento seguro.

## Considerações finais

A sociedade brasileira reconhece as propriedades funcionais e nutricionais do morango e, por consequência, seus benefícios para a saúde humana. Como o morango é uma

fruta de forte aceitação pelo consumidor brasileiro, seu comércio é garantido, o que resulta em bom retorno econômico para os produtores. Porém, os produtores devem firmar compromisso com a segurança e a sustentabilidade dessa fruta, a bem da preservação da saúde do consumidor.

Duas formas de produção obtiveram reconhecimento oficial: a produção integrada e a orgânica. Ambas são passíveis de certificação e rastreabilidade e de concessão de um selo. Esse selo é uma garantia de segurança alimentar, que inspira confiança ao consumidor no ato de comprar e consumir o morango. E é esse o caminho para a cadeia do morango alcançar os diferentes nichos de mercado interno e conquistar mercados externos.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Alimentos**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Alimentos>>. Acesso em: 30 abr. 2012a.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Alimentos**: segurança alimentar: capacitação de recursos humanos. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/alimentos/seguranca/capacita\\_rh.htm](http://www.anvisa.gov.br/alimentos/seguranca/capacita_rh.htm)>. Acesso em: 30 abr. 2012b.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**: relatório 2001-2007. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/587f64804745787985d4d53fbc4c6735/relatorio+2001+2007.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 30 abr. 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**: nota técnica para divulgação dos resultados do PARA de 2008. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/3989428047457d5189a7dd3fbc4c6735/nota+tecnica++resultados+para+2008.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 30 abr. 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**: resultados de 2009. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/f95ba780481aa0dd85a19570623c4ce6/Resultados\\_2009\\_PARA.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/f95ba780481aa0dd85a19570623c4ce6/Resultados_2009_PARA.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 30 abr. 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**: relatório de atividades de 2010. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/b380fe004965d38ab6abf74ed75891ae/Relat%C3%B3rio+PARA+2010+-+Vers%C3%A3o+Final.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 30 abr. 2012.
- ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J. Importância. In: PEREIRA, D. P.; BANDEIRA, D. L.; QUINCOZES, E. da R. F. (Ed.). **Sistema de produção do morango**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/index.htm>>. Acesso em: 4 mar. 2016.
- BRASIL. **Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007**. Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/Decreto/D6323.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Decreto/D6323.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Alimentos**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/qualidade-seguranca-alimentos-bebidas/alimentos>>. Acesso em: 20 jul. 2012a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 20 jul. 2012b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Desenvolvimento sustentável**: orgânicos: legislação. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/organicos/legislacao>>. Acesso em: 20 jul. 2012c.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 27, de 30 de agosto de 2010**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=446244074>>. Acesso em: 20 jul. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 64, de 18 de dezembro de 2008**. Brasília, DF, 2008a. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=19345>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 46, de 06 de outubro de 2011**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso: 23 jul. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 14, de 1º de abril de 2008**. Aprovar as Normas Técnicas Específicas para a Produção Integrada de Morango - NTEPI-Morango, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. Brasília, DF, 2008b. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Orgânicos**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/organicos>>. Acesso em: 23 jul. 2012d.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Resíduos e contaminantes**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/qualidade-seguranca-alimentos-bebidas/alimentos/residuos-e-contaminantes>>. Acesso em: 20 jul. 2012e.

ESTRELA, C. C.; MATTOS, M. L. T.; TIM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; AQUINO, L. S.; PEREIRA, G. da C.; ALMEIDA, M. T.; VENZKE, C. D. Qualidade da água. In: TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; REISSER JUNIOR, C.; ESTRELA, C. C. (Ed.). **Morangueiro irrigado**: aspectos técnicos e ambientais do cultivo. Pelotas: Ed. da Universidade Federal de Pelotas, 2009. p. 92-114.

FAO. Compromisso. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/quemSomos.asp>>. Acesso em: 30 abr. 2012a.

FAO. **Food safety and quality**: about us. Disponível em: <<http://www.fao.org/food/food-safety-quality/about-us/en/>>. Acesso em: 30 abr. 2012b.

FLESSA, S.; LUSK, D. M.; HARRIS, L. J. Survival of *Listeria monocytogenes* on fresh and frozen strawberries. **International Journal of Food Microbiology**, v. 101, n. 3, p. 255-262, 2005.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002. 424 p.

GONZALES, R. H. **Degradación de residuos de plaguicidas em huertos frutales en Chile**. Santiago: Universidad de Chile, 2002. 163 p. (Serie Ciencias Agronomicas, 4).

GRISOLIA, C. K. **Agrotóxicos**: mutações, reprodução e câncer. Brasília, DF: Ed. da Universidade de Brasília, 2005. 392 p.

IBAMA. **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil**: uma abordagem ambiental. Brasília, DF, 2010. 84 p.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711 p.

MATTOS, M. L. T. Segurança alimentar na produção integrada de frutas: estudo de caso em morango e pêssego. In: ENFRUTE- ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 9., 2006, Fraburgo. **Anais...** Caçador: Epagri, 2006. v. 1, p. 337-341.

MATTOS, M. L. T.; ANTUNES, L. E. C. Análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) na produção integrada de morango: princípio microbiológico. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 3.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 2., 2006, Pelotas. **Resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. p. 59. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 203).

MATTOS, M. L. T.; ANTUNES, L. E. C.; CANTILLANO, R. F. F. Riscos microbianos na produção integrada de morango. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 7., 2005, Fortaleza. **Programa e resumos...** Fortaleza: Embrapa, 2005. p. 1-264.

MATTOS, M. L. T.; CANTILLANO, R. F. F. Belos e contaminados [morangos]. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, v. 5, n. 25, p. 24-25, 2004.

MATTOS, M. L. T.; CANTILLANO, R. F. F. Qualidade microbiológica de morangos in natura de produção convencional. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE MICROBIOLOGIA E HIGIENE DE ALIMENTOS, 7., 2002, Santiago do Chile. **Anais...** Santiago do Chile: LatinMic, 2002.

MATTOS, M. L. T.; CROCHEMORE, A. G.; SCAGLIONE, G. G.; SANTOS, R.; REISSER JÚNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C. Segurança alimentar e ambiental na produção de morangos em propriedades familiares no município de Turuçu, RS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 4.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 3., 2008, Pelotas. **Palestras e resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. p. 158.

MATTOS, M. L. T.; FEIJÓ, A. Morangos comercializados in natura: contaminações microbiológicas e medidas de higiene. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 23., 2005, Santos, SP. **Programa e resumos...** São Paulo: Polo, 2005. p. 13-354.

MATTOS, M. L. T.; SCHWENGBER, J. E.; CANTILLANO, R. F. F.; ANTUNES, L. E. C.; GALARZ, L. A. Contaminação microbiológica de morangos associada ao biofertilizante e água de irrigação, em sistema de produção orgânica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 5.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 4., 2010, Pelotas. **Palestras e resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. p. 173-174.

MATTOS, M. L. T.; SCHWENGBER, J. E.; CANTILLANO, R. F. F.; CAMPOS, A. D. Qualidade microbiológica de morangos e insumos orgânicos. In: CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD URUGUAYA DE HORTIFRUTICULTURA, 11.; CONGRESO PANAMERICANO PROMOCIÓN DEL CONSUMO DE FRUTAS Y HORTALIZAS, 3., 2007, Montevideo. **Resumos...** Montevideo: Sociedad Uruguaya de Hortifruticultura, 2007. 1 CD-ROM.

MATTOS, M. L. T.; UENO, B. Produção segura. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, v. 5, n. 27, p. 32-33, 2004.

RISTOW, N. C.; MATTOS, M. L. T.; CANTILLANO, R. F. F.; ANTUNES, L. E. C. Pontos críticos de contaminação microbiológica no sistema de produção orgânica de morango. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 23., 2005, Santos, SP. **Programa e Resumos...** São Paulo: Polo, 2005. p. 13-354.

TORDIN, C. **Primeira auditoria de certificação da PIMO do Brasil é concluída com sucesso.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011a. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/nova/mostra2.php?id=839>>. Acesso em: 20 jul. 2012.

TORDIN, C. **Resultados das análises coletadas na auditoria com produtores de morango da PIMO estão conformes.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011b. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/nova/mostra2.php?id=851>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

VENZKE, C. D.; ESTRELA, C. C.; TIMM, L. C.; MATTOS, M. L. T. Percentual de detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* em águas de irrigação de morangos no município de Turuçu, RS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 5.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 4., 2010, Pelotas. **Palestras e resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. p. 192-193.

CAPÍTULO

# 21

## Características funcionais

Márcia Vizzotto





## Introdução

Muitos estudos epidemiológicos têm demonstrado que o consumo de frutas e hortaliças está associado à prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, como a diabetes, de doenças cardiovasculares e de alguns tipos de câncer (FELDMAN, 2001; HERTOG et al., 1995). Identificar, porém, os mecanismos sobre como frutas e hortaliças previnem essas doenças e quais os compostos responsáveis é tarefa para muitos estudos futuros.

## Fitoquímicos

### Compostos fenólicos

As frutas de coloração vermelha, como o morango, possuem diversos grupos de fitoquímicos que podem trazer benefícios à saúde humana se as frutas forem consumidas regularmente. O morango apresenta alta atividade antioxidante em comparação com outras frutas (GUO et al., 2003; WANG et al., 1996), que pode variar de acordo com a cultivar analisada (CAPOCASA et al., 2008; PINTO et al., 2008; WANG; LIN, 2003). Alguns compostos fenólicos foram identificados em morangos, sendo que o ácido elágico é um dos principais, por estar presente em altas concentrações (MASS et al., 1991). O especial interesse despertado pelo ácido elágico se deve às suas propriedades como antioxidante e à sua capacidade de prevenir e combater determinadas doenças. Esse composto se apresenta nas plantas em diferentes formas e graus de solubilidade; no entanto, a maior parte do ácido elágico encontrado em morangos está na forma de elagitaninos esterificados e glicosados (HÄKKINEN; TÖRRÖNEN, 2000). O conteúdo de ácido elágico varia conforme a cultivar analisada; em média, para ácido elágico na forma livre, encontra-se em torno de 1,6 mg por 100 g de peso fresco. Já o teor total de ácido elágico varia de 17 mg a 52 mg por 100 g de peso fresco (HÄKKINEN et al., 1999; MAAS et al., 1991; PINTO et al., 2008). Ademais, outros compostos fenólicos, como elagitaninos, galotaninos, antocianinas (cianidina e pelargonidina com seus glicosídeos), flavonóis (quercetina rutinosídeo, quercetina glicosídeo e quercetina glucoronídeo, kaempferol glucoronídeo, kaempferol coumaroil-glucoronídeo), flavonóis (catequina) e derivados do ácido cinâmico (*p*-coumaroyl e seus glicosídeos e ésteres) foram identificados em morangos (CRESPO et al., 2010; HÄKKINEN; TÖRRÖNEN, 2000; SEERAM et al., 2006).

## Vitamina C

O morango é referenciado pelo seu alto teor de vitamina C. Sabe-se que o conteúdo médio de vitamina C nessa fruta varia de acordo com a cultivar, sendo esse, em média, de 82 mg por 100 g do peso fresco, o que coloca essa fruta como uma das mais ricas fontes de ácido ascórbico, apesar de existirem outras fontes conhecidas e mais ricas, como as frutas cítricas, principalmente o caju e a acerola (PINTO et al., 2008). A vitamina C varia de acordo com a cultivar analisada (ROCHA et al., 2008) e o estágio de maturação da fruta (PINELI et al., 2010).

## Carotenoides

O conteúdo de carotenoides em morango não é muito elevado quando comparado com outras frutas vermelhas, como a groselha, a amora-preta e o mirtilo. Já foram identificados em morango a xantofila luteína e o caroteno  $\beta$ -caroteno (MARINOVA; RIBAROVA, 2007).

## Fatores que alteram os teores de fitoquímicos em morangos

### Desenvolvimento da fruta

Muitos fatores podem influenciar o teor de fitoquímicos em frutas, e um deles é o estágio de desenvolvimento (PINELI et al., 2010; WANG; LIN, 2000). Em morangos, as antocianinas passam a serem detectadas quando a fruta ainda apresenta a cor externa branca. E esses valores continuam baixos até o estágio em que 50% da fruta apresenta cor vermelha. A partir desse momento, o crescimento nos teores desse grupo de fitoquímicos é exponencial, até a fruta atingir o estágio vermelho-escuro. A contar do estágio em que a fruta está verde até o estágio em que fica branca, o teor de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante decrescem de 80% a 90%, valor que é mantido constante até o final do desenvolvimento da fruta (FERREYRA et al., 2007). O mesmo padrão de comportamento foi observado em morangos produzidos na Itália, em que os teores de compostos fenólicos totais, os flavonoides e a atividade antioxidante dos morangos reduziram com a evolução da maturação, enquanto os teores de antocianinas e de vitamina C aumentaram (TULIPANI et al., 2011).

## Cultivar

Fatores genéticos certamente influenciam nos teores de compostos secundários em frutas. No caso do morango, têm sido extensivamente reportadas as diferenças entre as diversas cultivares que são produzidas ao redor do mundo (CAPOCASA et al., 2008; CORDENUNSI et al., 2005; CRESPO et al., 2010; PINTO et al., 2008; SIMIRGIOTIS et al., 2009; WANG; LIN, 2003).

## Processamento

Outro fator que pode alterar os teores dos fitoquímicos em morangos é o processamento da fruta. Em geleias preparadas com diferentes cultivares, observou-se que a luz não afeta o teor de antocianinas; no entanto, temperaturas baixas no armazenamento (4 °C) mantiveram a coloração do produto e a atividade antioxidante (WICKLUND et al., 2005). No preparo de sucos, observa-se que ocorre um aumento nos teores de compostos fenólicos totais nas primeiras 48 horas após o processamento, seguido de uma perda desses compostos até 360 horas após o processamento e, então, um aumento desses teores, os quais atingem o valor inicial após 696 horas do preparo do suco. Um padrão semelhante foi observado para a atividade antioxidante. O teor de vitamina C encontrado no suco do morango é elevado, mas sofre uma perda gradual durante o armazenamento, e, aos 28 dias, a perda foi de 58% (PILJAC-ZEGARAC et al., 2009). Em sucos, estudos têm demonstrado que os processos tecnológicos podem ser otimizados para minimizar as perdas dos compostos que beneficiam a saúde dos consumidores (ODRIOZOLA-SERRANO et al., 2009).

## Tratos culturais

Os tratamentos aplicados no campo muitas vezes podem afetar a qualidade do morango. Em estudos nos quais foram utilizados tratamentos com adubação fosfatada, foi observado um aumento nas concentrações de ácido ascórbico e antocianinas totais, mas esse padrão não se repetiu para a atividade antioxidante (MOOR et al., 2008). Quando avaliado o efeito de diferentes níveis de adubação, utilizando como base a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC (2004), no teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, em morangos foi observado que, quando utilizado o nível de adubação recomendado ou acrescido de 50%, os teores de compostos fenólicos e a atividade antioxidante foram superiores aos dos demais tratamentos na cultivar Camarosa (PEREIRA et al., 2008b).

Isso não foi, porém, observado na cultivar Festival (PEREIRA et al., 2008a), mostrando que a escolha da cultivar é muito importante para a decisão das tecnologias que serão empregadas visando à qualidade das frutas. Outros trabalhos, como o de Moor et al. (2009), mostram que a aplicação de fosfito ativou o mecanismo de defesa das plantas, pois percebeu-se que o conteúdo de ácido ascórbico e de antocianinas das frutas aumentou.

O sistema de produção utilizado para produzir morangos também pode afetar a qualidade das frutas. Morangos cultivados em sistema orgânico apresentam enzimas antioxidantes com maior atividade, bem como frutas com maior teor de compostos antioxidantes (JIN et al., 2011).

## Morango e saúde

Uma das principais atividades estudadas do extrato de morangos é a sua capacidade antioxidante. Vários estudos *in vitro*, utilizando diferentes metodologias, reportam que o extrato de morango está entre os extratos com maior atividade antioxidante (CHEEL et al., 2007; FERREYRA et al., 2007; GUO et al., 2003; SIMIRGIOTIS et al., 2009).

Extratos de morango têm a capacidade de inibir a proliferação de células de câncer de fígado (HepG2) (SUN et al., 2002). Esse efeito depende da dose e da cultivar utilizada (MEYERS et al., 2003). No entanto, certos fatores, como estágio de maturação e temperatura de armazenamento dos morangos, não afetam a atividade dos extratos (SHIN et al., 2008). Apesar de muitos autores tentarem correlacionar a atividade antiproliferativa dos extratos de morango com a atividade antioxidante ou com o teor de compostos fenólicos totais, muitas vezes essa correlação não existe (MEYERS et al., 2003; SUN et al., 2002). Outros estudos demonstram a atividade antiproliferativa de extratos de morango em linhagens cancerígenas, como HT29 (câncer de cólon) e MCF-7 (câncer de mama), sendo que morangos produzidos organicamente apresentam essa atividade mais acentuada provavelmente por biossintetizarem mais compostos secundários com atividade anticarcinogênica do que morangos produzidos convencionalmente (OLSSON et al., 2006).

O morango demonstra indicativos de ser uma fruta eficiente em proteger contra déficit espacial (localização), já que animais tratados com extratos dessa fruta conseguiram reter melhor as informações referentes à localização (SHUKITT-HALE et al., 2007). Já extratos de diferentes cultivares de morango demonstraram habilidades variadas de ligação com enzimas

relacionadas à diabetes tipo 2, mostrando que essa fruta tem potencial para ser utilizada na dieta de portadores dessa doença, assim como em hipertensos (CHEPLICK et al., 2010).

## Considerações finais

O estudo do morango tem se intensificado nos últimos anos, principalmente em relação à sua composição química, aos seus benefícios à saúde e às formas de manter a qualidade dos produtos processados. O consumo do morango, em conjunto com um estilo de vida saudável, incluindo dieta equilibrada e exercícios físicos, pode prevenir alguns tipos de doenças crônicas não transmissíveis, provavelmente graças à presença de alguns fitoquímicos, como as antocianinas e o ácido elágico.

O morango apresenta um grande potencial de produção, e seu consumo certamente deve ser incentivado. No entanto, as pesquisas ainda precisam avançar muito até se chegar a resultados conclusivos sobre suas propriedades funcionais, o melhor manejo da cultura para atingir a biossíntese máxima de fitoquímicos e a otimização das tecnologias utilizadas no processamento da fruta, permitindo, assim, que esses compostos sejam mantidos no produto final.

## Referências

- CAPOCASA, F.; SCALZO, J.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: the role of genotype. **Food Chemistry**, v. 111, n. 4, p. 872-878, 2008.
- CHEEL, J.; THEODULOZ, C.; RODRIGUEZ, J. A.; CALIGARI, P. D. S.; SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. Free radical scavenging activity and phenolic content in achenes and thalamus from *Fragaria chiloensis* ssp. *chiloensis*, *F. vesca* and *F. x ananassa* cv. Chandler. **Food Chemistry**, v. 102, n. 1, p. 36-44, 2007.
- CHEPLICK, S.; KWON, Y.-I.; BHOWMIK, P.; SHETTY, K. Phenolic-linked variation in strawberry cultivars for potential dietary management of hyperglycemia and related complications of hypertension. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 1, p. 404-413, 2010.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 401 p.
- CORDENUNSI, B. R.; GENOVESE, M. I.; NASCIMENTO, J. R. O.; HASSIMOTTO, N. M. A.; SANTOS, R. J.; LAJOLO, F. M. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. **Food Chemistry**, v. 91, n. 1, p. 113-121, 2005.
- CRESPO, P.; BORDONABA, J. G.; TERRY, L. A.; CARLEN, C. Characterization of major taste and health-related compounds of four strawberry genotypes grown at different Swiss production sites. **Food Chemistry**, v. 122, n. 1, p. 16-24, 2010.
- FELDMAN, E. B. Fruits and vegetables and the risk of stroke. **Nutrition Reviews**, v. 59, p. 24-27, 2001.

- FERREYRA, R. M.; VIÑA, S. Z.; MUGRIDGE, A.; CHAVES, A. R. Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva. **Scientia Horticulturae**, v. 112, n. 1, p. 27-32, 2007.
- GUO, C.; YANG, J.; WEI, J.; LI, Y.; XU, J.; JIANG, Y. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. **Nutrition Research**, v. 23, n. 12, p. 1719-1726, 2003.
- HÄKKINEN, S. H.; TÖRRÖNEN, A. R. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. **Food Research International**, v. 33, n. 6, p. 517-524, 2000.
- HÄKKINEN, S.; HEINONEN, M.; KÄRENLAMPI, S.; MYKKÄNEN, H.; RUUSKANEN, J.; TÖRRÖNEN, R. Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries. **Food Research International**, v. 32, n. 5, p. 345-353, 1999.
- HERTOG, M. G. L.; KROMHOUT, D.; ARAVANIS, C.; BLACKBURN, H.; BUZINA, R.; FIDANZA, F.; CIAMPAOLI, S.; JANSEN, A.; MENOTTI, A.; NEDELJKOVIC, S.; PEKKARINEN, M.; SIMIC, B. S.; TOSHIMA, H.; FESKENS, E. J. M.; HOLLMAN, P. C. H.; KATAN, M. B. Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. **Archives of Internal Medicine**, v. 155, n. 4, p. 381-386, 1995.
- JIN, P.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y.; ZHENG, Y. Effect of cultural system and storage temperature on antioxidant capacity and phenolic compounds in strawberries. **Food Chemistry**, v. 124, n. 1, p. 262-270, 2011.
- MAAS, J. L.; GALLETTA, G. J.; STONER, G. D. Ellagic acid, an anticarcinogen in fruits, especially in strawberries: a review. **HortScience**, v. 26, n. 1, p. 10-14, 1991.
- MARINOVA, D.; RIBAROVA, F. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 5, p. 370-374, 2007.
- MEYERS, K. J.; WATKINS, C. B.; PRITTS, M. P.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 23, p. 6887-6892, 2003.
- MOOR, U.; PÖLDMA, P.; TÖNUTARE, T.; KARP, K.; STARAST, M.; VOOL, E. Effect of phosphite fertilization on growth, yield and fruit composition of strawberries. **Scientia Horticulturae**, v. 119, n. 3, p. 264-269, 2008.
- MOOR, U.; PÖLDMA, P.; TÖNUTARE, T.; KARP, K.; STARAST, M.; VOOL, M. Effect of phosphite fertilization on growth, yield and fruit composition of strawberries. **Scientia Horticulturae**, v. 119, n. 3, p. 264-269, 2009.
- ODRIOZOLA-SERRANO, I.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Impact of high-intensity pulsed electric fields variables on vitamin C, anthocyanins and antioxidant capacity of strawberry juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 93-100, 2009.
- OLSSON, M. E. C.; ANDERSSON, C. S.; OREDSSON, S.; BERGLUND, R. H.; GUSTAVSSON, K. Antioxidant levels and inhibition of cancer cell proliferation in vitro by extracts from organically and conventionally cultivated strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 4, p. 1248-1255, 2006.
- PEREIRA, M. C.; GULARTE, J. P. do A.; ANTUNES, L. E. C.; VIZZOTTO, M. Composto fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antioxidante de morangos cultivar Camarosa sob diferentes níveis de adubação. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 4.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 3., 2008, Pelotas. **Palestras & Resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008b. p. 116.
- PEREIRA, M. C.; GULARTE, J. P. do A.; ANTUNES, L. E. C.; VIZZOTTO, M. Caracterização fitoquímica e atividade antioxidante de morango cultivar Festival sob diferentes níveis de adubação. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 4.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 3., 2008, Pelotas. **Palestras & Resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008a. p. 111.
- PILJAC-ZEGARAC, J.; VALEK, L.; MARTINEZ, S.; BELSCAK, A. Fluctuations in the phenolic content and antioxidant capacity of dark fruit juices in refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 113, n. 2, p. 394-400, 2009.
- PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L.; SANTOS, M. S.; CAMPOS, A. B.; BRASILEIRO, A. V.; CORDOVA, A. C.; CHIARELLO, M. D. Antioxidants and other chemical and physical characteristics of two strawberry cultivars at different



ripeness stages. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 1, p. 11-16, 2010. DOI: 10.1016/j.jfca.2010.05.004.

PINTO, M. DA S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Food Chemistry**, v. 107, n. 4, p. 1629-635, 2008.

ROCHA, D. A.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; FONSECA, E. W. N. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1124-1128, 2008.

SEERAM, N. P.; LEE, R.; SCHEULLER, H. S.; HEBER, D. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 97, n. 1, p. 1-11, 2006.

SHIN, Y.; RYU, J.-A.; LIU, R. H.; NOCK, J. F.; WATKINS, C. B. Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 49, n. 2, p. 201-209, 2008.

SHUKITT-HALE, B.; CAREY, A. N.; JENKINS, D.; RABIN, B. M.; JOSEPH, J. A. Beneficial effects of fruit extracts on neuronal function and behavior in a rodent model of accelerated aging. **Neurobiology of Aging**, v. 28, n. 8, p. 1187-1194, 2007.

SIMIRGIOTIS, M. J.; THEODULOZ, C.; CALIGARI, P. D. S.; SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. Comparison of phenolic composition and antioxidant properties of two native Chilean and one domestic strawberry genotypes. **Food Chemistry**, v. 113, n. 2, p. 377-385, 2009.

SUN, J.; CHU, Y.-F.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 25, p. 7449-7454, 2002.

TULIPANI, S.; MARZBAN, G.; HERNDL, A.; LAIMER, M.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Influence of environmental and genetic factors on health-related compounds in strawberry. **Food Chemistry**, v. 124, n. 3, p. 906-913, 2011.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Total antioxidant capacity of fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 3, p. 701-705, 1996.

WANG, S. Y.; LIN, H.-S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 140-146, 2000.

WANG, S. Y.; LIN, H.-S. Compost as a soil supplement increases the level of antioxidant compounds and oxygen radical absorbance capacity in strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 23, p. 6844-6850, 2003.

WICKLUND, T.; ROSENFELD, H. J.; MARTINSEN, B. K.; SUNDFØR, M. W.; LEA, P.; BRUUN, T.; BLOMHOFF, R.; HAFFNER, K. Antioxidant capacity and color of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 38, n. 4, p. 387-391, 2005.



CAPÍTULO

22

## Processamento e novos produtos

Ana Cristina Richter Krolow



## Introdução

As pesquisas sobre processamento de frutas estão atualmente focadas na conservação de matérias-primas, com o objetivo de prolongar sua vida útil. A conservação de alimentos baseia-se em técnicas que visam dar aos alimentos maior estabilidade microbiológica, preservando-os, assim, por mais tempo. A tendência mundial é pelo uso de alimentos naturais, ou seja, por aqueles que mantêm o sabor original das frutas. Embora morangos sejam consumidos preferencialmente como fruta fresca, o mercado põe à disposição do consumidor uma gama de produtos processados, tais como néctar, suco, suco concentrado, purê, polpas pasteurizadas, polpas congeladas, congelamento individual, fruta liofilizada e geleia.

Entre os diversos produtos elaborados, os que mantêm as características mais próximas do produto original são os minimamente processados, ou seja, as polpas congeladas, o congelamento individual e a liofilização. Nesses produtos, há manutenção da cor, do sabor e dos aromas originais; apenas a textura do morango não é preservada.

O morango é uma das frutas de sobremesa mais populares, sendo amplamente usado em sorvetes. Existem várias opções de produtos processados, como sucos, geleias, compotas, recheios, morangos desidratados e liofilizados (usados em barras energéticas e de cereais matinais). Os consumidores estão, cada vez mais, interessados em frutas frescas com as qualidades preservadas (cor, sabor, textura e aroma) e na manutenção dos valores nutricionais dos produtos transformados.

Graças ao desenvolvimento de técnicas de armazenamento, transporte e processamento, morangos e produtos elaborados de morango estão disponíveis durante todo o ano.

A conservação do morango por longos períodos, mantendo propriedades semelhantes às da fruta fresca, ainda é um desafio tecnológico a ser vencido. Nenhum método economicamente viável preserva a qualidade da fruta fresca, o que resulta na perda de suas características peculiares de textura, aroma, cor e sabor. Sinha (2006) apresenta, em forma de tabela, o valor nutricional do morango e de alguns produtos elaborados de morango (Tabela 1).

O processamento térmico é um dos métodos mais antigos usados na conservação do morango, embora cause alterações de sabor e cor. Um grande segmento da indústria utiliza esse tipo de produto para a fabricação de sorvetes, recheios de doces e iogurtes.

**Tabela 1.** Valor nutricional de morango e produtos derivados.

Nutrientes/100 g	Morango fresco	Morango congelado	Suco de morango	Morango desidratado	Morango liofilizado
Calorias (Kcal)	32,000	35,000	30,000	325,000	345,000
Gordura total (g)	0,300	0,110	0,400	1,040	4,260
Gordura saturada (g)	0,015	0,010	0,020	0,100	NA
Gordura poli-insaturada (g)	0,155	0,050	0,190	0,500	NA
Gordura monoinsaturada (g)	0,043	0,010	0,050	0,100	NA
Gordura trans (g)	0,000	0,000	0,000	<0,100	0,000
Colesterol (mg)	0,000	0,000	0,000	<0,100	0,000
Sódio (mg)	1,000	2,000	1,000	25,000	12,000
Potássio (mg)	153,000	148,000	166,000	382,000	1.909,000
Carboidrato total (g)	7,680	9,130	7,000	82,200	80,700
Fibra total (g)	2,000	2,100	0,100	10,200	6,100
Fibra solúvel (g)	0,800	0,650	0,030	3,800	NA
Fibra insolúvel (g)	1,200	1,450	0,070	6,400	NA
Açúcares (g)	4,660	6,960	6,900	70,300	73,900
Proteína (g)	0,670	0,430	0,600	3,160	7,020
Cálcio (mg)	16,000	16,000	14,000	160,000	161,000
Vitamina C (mg)	58,800	41,200	28,400	95,000	652,100
Vitamina A (UI)	12,000	45,000	20,000	41,000	311,000
Água (g)	90,950	90,000	91,600	12,000	3,000

NA = não disponível.

Fonte: Sinha (2006).

Contrariando a crença popular de que a polpa é elaborada com frutas impróprias para o consumo in natura, no processamento sempre devem ser usadas frutas de qualidade, para reduzir os riscos de contaminação e deterioração de alimentos, principalmente das frutas e dos derivados delas produzidos.

É importante salientar que todas as formas de processamento implicam etapas de preparo da matéria-prima, ou seja, lavagem e sanitização dos morangos. As etapas devem ser cumpridas na seguinte ordem:

- 1) Lavar as frutas em água corrente potável, para remover as sujidades maiores (areia, terra, pedras, etc.), aderidas a elas.

- 2) Higienizá-las por meio de imersão total, durante 10 minutos, em água clorada (20 mL de cloro em 10 L de água potável).
- 3) Lavá-las novamente em água potável corrente, para remover o excesso de cloro.
- 4) Retirar os pedúnculos dos morangos.

## Congelamento de morangos

O congelamento do morango é um dos métodos de conservação mais utilizado atualmente, uma vez que o congelamento bem conduzido preserva a cor e o sabor, afetando unicamente a textura. Entretanto, para algumas finalidades, ainda se pratica a conservação por aditivos químicos e também a pasteurização em recipientes herméticos. Esse congelamento pode ser realizado de duas formas: por congelamento em bloco ou por congelamento rápido individual (VENDRUSCOLO; VENDRUSCOLO, 2005).

Deve-se atentar para o fato de que quanto mais rápido for o congelamento, menores danos serão provocados na estrutura celular, preservando melhor a textura, o sabor e a cor. Segundo Teixeira et al. (2007), os morangos podem ser congelados como frutas inteiras e fatiadas, na forma de polpa e em calda (somente de açúcar ou com algum aditivo). Hudson et al. (1977 citado por TEIXEIRA et al., 2007) verificaram que a adição de açúcar e ácido ascórbico a morangos congelados domesticamente, de forma lenta, em xarope de 60% (m/m), melhorou a qualidade das frutas congeladas, e o fatiamento das frutas melhorou o sabor.

### Congelamento em bloco

Nesse processo, depois do preparo prévio dos morangos, como descrito anteriormente, eles são congelados em blocos, processo que consiste em embalar as frutas em sacos de plástico, com capacidade variada (5 kg, 10 kg, 15 kg e 20 kg). Em seguida, os sacos são fechados (fechamento por termossoldagem) e colocados em bandejas retangulares, onde permanecem até o total congelamento. Nesse processo, em virtude do peso dos blocos, os morangos liberam suco, perdendo o formato e formando uma massa contínua, chamada de bloco. Depois do congelamento em caixas de plástico, os blocos de morangos podem ser colocados na embalagem definitiva, que consiste em uma caixa de papelão (papel cartonado), e devem ser mantidos na câmara de congelamento. Os blocos de morangos não devem ser colocados na embalagem final antes do congelamento, pois o



papelão (ou qualquer outra embalagem não metálica) forma uma barreira isolante significativa, reduzindo a troca de calor e aumentando o tempo de congelamento (VENDRUSCOLO; VENDRUSCOLO, 2005).

## Congelamento em bloco com adição de açúcar

Nesse processo, depois do preparo prévio dos morangos, é adicionado açúcar ao produto. Seguem-se os mesmos passos de embalagem, fechamento e congelamento utilizados no congelamento em blocos. Tome-se o seguinte exemplo: tipo 4 x 1 (80% de morango + 20% de açúcar), ou, então, 7 x 3 (70% de morango + 30% de açúcar). Esse tipo de produto pode ser usado posteriormente, de muitas formas, como no preparo de polpas pasteurizadas para iogurtes ou sorvetes (SINHA, 2006). Observa-se que a relação fruta mais açúcar depende das necessidades de cada cliente.

## Congelamento rápido individual

Nesse processo, os morangos são congelados individualmente, antes de serem embalados. O *individually quick frozen* (IQF) pode ser verdadeiro (congelador contínuo com leito fluidizado, ou túnel com nitrogênio ou CO<sub>2</sub>), ou IQF falso (túnel estático com ar forçado, ou, ainda, câmara de congelamento) (VENDRUSCOLO; VENDRUSCOLO, 2005). Os morangos, depois do congelamento individual, são embalados em sacos de plástico e armazenados em caixas de papelão, permanecendo íntegros e separados, mesmo depois de colocados na embalagem. Os morangos do tipo IQF (verdadeiro) mantêm melhor a integridade da fruta, pois se formam cristais de gelo menores, o que provoca menos danos às paredes celulares.

## Polpa de morango

Outra forma de processamento bastante utilizada são os produtos concentrados na forma de polpa (purê) pasteurizada, à qual podem ser adicionados, ou não, alguns aditivos, tais como gomas, pectina e aromas.

Nesse tipo de produto – assim como se faz com polpas congeladas ou pasteurizadas, geleias e recheios de tortas –, são usados os morangos que não podem ser vendidos na forma fresca ou congelada individual, isto é, aqueles que apresentam defeito na aparência

ou no tamanho (muito miúdos ou muito graúdos), sobremaduros ou ainda meio verdes. Mas, assim como para todos os produtos de morango, são rejeitadas as frutas que apresentam podridão, ataque de insetos e pragas, entre outros danos. Essas frutas devem ser descartadas.

A polpa de morango (concentrada ou não) pode ser refinada (sem a presença das sementes) ou não refinada (com a presença de sementes). Para isso, os morangos seguem o mesmo processo de lavagem e sanitização descrito anteriormente, sendo imediatamente desintegrados em despulpadeira que, dependendo do diâmetro dos furos da malha, produzirá polpa sem ou com sementes. A polpa poderá, então, ser embalada e imediatamente congelada, ou, então, deverá ser pasteurizada ou concentrada. Quando a polpa é congelada sem passar por processo térmico, sua vida útil fica diminuída por causa da ação das enzimas presentes, as quais, ao longo do tempo de armazenamento, promoverão o escurecimento da polpa. Tão logo a polpa seja descongelada, terá de ser processada, para evitar a deterioração (fermentação). Saliente-se que os produtos elaborados a partir da polpa congelada poderão apresentar coloração bastante escura.

No processo de pasteurização da polpa, um dos métodos mais tradicionais, em indústrias de pequeno e médio portes, é o processo de pasteurização em tacho aberto. A polpa é colocada no tacho, onde é adicionado açúcar (em quantidade variável, a depender do Brix final solicitado pelo cliente). O produto é, então, aquecido e mantido em fervura por 15 a 20 minutos, para a eliminação de microrganismos e para aumentar a concentração do produto, com a perda de água. Em seguida, a polpa é envasada assepticamente e imediatamente resfriada, para suspender o cozimento e evitar a alteração de cor, odor e sabor.

Pesquisas têm sido realizadas visando reduzir as perdas nutricionais e de compostos funcionais em produtos elaborados de frutas. Polpa de morango processada por tratamento de alta pressão mostrou melhores resultados do que polpa tratada termicamente com tratamento convencional, observando-se que, no primeiro processamento, houve maior retenção de fenóis, antocianinas e ácido ascórbico (PATRAS et al., 2009). Esses autores verificaram que houve, também, maior manutenção da cor vermelha. Eles concluíram que o processamento de polpa de morango por alta pressão hidrostática pode ser um eficiente método para a preservação desse produto; além disso, constataram que esse processo, usando temperaturas moderadas, ajuda a manter a qualidade nutricional das polpas de morango. Por isso, poderia ser usado na produção comercial para a fabricação de produtos de alta qualidade, com características superiores àqueles produzidos por processos termicamente semelhantes.

Outro processo que também pode ser usado, sendo esse menos agressivo à cor, ao odor e ao sabor, é o processo de pasteurização da polpa, sem adição de açúcar. Por esse processo, a polpa de morango é aquecida em torno de 88 °C, por 2 minutos, e resfriada imediatamente a 15 °C, sendo embalada em baldes com fechamento hermético, congelada em seguida e mantida em câmara de congelamento. Nesse processo, o Brix da fruta é praticamente o mesmo daquele da fruta in natura (SINHA, 2006; TEIXEIRA et al., 2007; VENDRUSCOLO; VENDRUSCOLO, 2005).

A conservação de polpas pelo uso de aditivos químicos também é empregada, embora a sua vida útil seja menor do que a de uma polpa pasteurizada, fechada hermeticamente ou congelada. Geralmente, o uso de conservantes químicos, como os ácidos sórbico e benzoico, ou seus derivados de sais de sódio e potássio, é feito imediatamente após o resfriamento da polpa. A concentração final no produto não deve exceder a 0,1% sobre o peso. Essa polpa pode ser armazenada em temperatura ambiente ou de refrigeração (TEIXEIRA et al., 2007). O dióxido de enxofre, além de ser alergênico, também promove a descoloração da polpa de morango. Por isso seu uso não é recomendado.

Além desses processos de obtenção de polpa pasteurizada, pode-se obter uma polpa concentrada. Para tanto, é preciso tratar a polpa in natura com enzimas específicas (pectinases), para que elas promovam a despectinização da estrutura celular. A seguir, a polpa deve ser filtrada, antes mesmo de iniciar a concentração, do que vai resultar uma polpa de morango de alta qualidade. Normalmente, esse processo ocorre em concentradores a vácuo (SINHA, 2006).

Outra forma de preparo de produtos do tipo polpa é o processamento das frutas em pedaços, adicionados de açúcar, adoçante, goma, pectina, aromatizante, etc., que serão pasteurizados, podendo atingir em torno de 35 °Brix. Em seguida, são embalados e mantidos em temperatura de refrigeração. Esse tipo de produto pode ser elaborado conforme especificações definidas e deve ser adicionado diretamente a formulações de iogurtes, sorvetes, produtos de panificação, entre outros (SINHA, 2006).

## Elaboração de suco de morango

Suco de morango é o líquido extraído do morango por processo de prensagem a frio, retirando-se a porção de sólidos em suspensão. O suco pode ser clarificado (translúcido) ou não clarificado (turvo). Esse suco também pode ser concentrado e congelado para ser

utilizado na fabricação de outras bebidas, como: licores, misturas com outros sucos e formulações diversas de refrescos à base de morango (VENDRUSCOLO; VENDRUSCOLO, 2005).

Nesse processo, a fruta é transformada em polpa e posteriormente tratada com enzimas pectolíticas, que provocam a liberação do suco das células vegetais. Depois da liquefação, é feita uma prensagem a frio. O líquido extraído pode ser centrifugado ou decantado, para retirar a polpa em suspensão, sendo chamado de “suco turvo”. Também pode ser tratado com coadjuvantes de clarificação, como terras diatomáceas e enzimas, que o deixam translúcido. Posteriormente, é concentrado e congelado. Entre os processos de concentração, inclui-se a microfiltração a frio. Como o processo utiliza pouco calor e também é retirada grande parte do material oxidável, esse tipo de suco tem excelente sabor e boa estabilidade durante o armazenamento (VENDRUSCOLO; VENDRUSCOLO, 2005).

O suco de morango, depois de passar pelo processo acima descrito, também pode ser pasteurizado a 88 °C, por um minuto. O tratamento térmico para suco de morango varia entre 88 °C e 90 °C, por 60 a 30 segundos, respectivamente. A cor vermelha atrativa do suco de morango é uma propriedade bastante valorizada comercialmente, que é, porém, altamente degradada pelo processamento térmico (RODRIGO et al., 2007). Ibarz et al. (1999) afirmam que esses efeitos negativos do tratamento térmico consistem no escurecimento não enzimático, que causa, principalmente, mudanças de cor e formação de compostos indesejáveis, como o 5-(hidroximetil)-2-furfural. Esses compostos se formam em decorrência da temperatura, sendo, portanto, usados para avaliar o superprocessamento na pasteurização térmica (LEE; NAGY, 1988).

Aguiló-Aguayo et al. (2009), avaliando os efeitos do processamento da alta intensidade do campo elétrico pulsado, verificaram que esse tipo de processo é uma tecnologia de processamento não térmico de alimentos que utiliza descargas de eletricidade (que varia de micro a milissegundos), fornecendo, ao final, alimentos como se fossem frescos e seguros, com menor perda de qualidade do que pelo processamento térmico convencional. Eles concluíram que o suco de morango tratado por esse processo preserva a cor inicial e reduz seu escurecimento durante a estocagem, quando comparado ao suco tratado termicamente, sendo que a cor e a luminosidade do suco mantiveram-se melhor por 63 dias no suco tratado pelo processo de campo elétrico pulsado. Segundo os autores, isso foi associado com as baixas concentrações de 5-(hidroximetil)-2-furfural (HMF) e com o baixo acúmulo de pigmentos marrons. Esse processo também permitiu uma maior inativação da pectina-metilesterase (PME) e da poligalacturonase (PG), obtendo-se, assim, sucos com melhor viscosidade.

## Morango liofilizado

Frutas liofilizadas têm sido bastante usadas para a elaboração de cereais matinais e barras de cereais, pois esses apresentam melhores sabor, odor e cor, além de manterem as propriedades nutricionais e a estrutura física da fruta in natura. Nesse processo, as frutas são congeladas e desidratadas por sublimação, processo em que a temperatura de retirada da água, no liofilizador, não ultrapassa 20 °C. Para isso, as frutas são classificadas, lavadas e sanificadas e é retirado o pedúnculo. Elas podem ser cortadas ou permanecer inteiras. São imediatamente congeladas a -18 °C e, posteriormente, são levadas ao liofilizador, onde, sob vácuo, a água é sublimada. O grande inconveniente desse processo é o custo elevado e a necessidade de usar embalagem especial laminada, para impedir a passagem de luz. Ademais, a embalagem tem de ser impermeável à água, pois o produto liofilizado absorve água rapidamente.

## Geleia de morango

O preparo de geleias e doces é, em geral, uma das formas de conservação de frutas, pois, além do calor, é trabalhada a concentração de açúcar, que prolonga o tempo de vida útil do produto.

A geleia de morango, que é um dos produtos mais bem aceitos pelo consumidor, pode ser elaborada com frutas frescas, congeladas ou, então, com polpa de morango.

Geleia é um produto obtido pela concentração da polpa ou suco de fruta com quantidades adequadas de açúcar, pectina e ácido, até se obter a concentração suficiente para que ocorra a geleificação durante o resfriamento. As geleias podem ser classificadas como:

- Do tipo comum: preparada com 40 partes de frutas frescas ou suco e 60 partes de açúcar.
- Do tipo extra: preparada com 50 partes de frutas frescas ou suco e 50 partes de açúcar.

Para a elaboração de geleia de morango, podem ser usadas como matéria-prima as frutas frescas, as congeladas ou até mesmo a polpa dessas. Depois da mistura da polpa ou frutas com o açúcar e a pectina, o cozimento pode ser feito em tachos abertos (sob pressão

atmosférica) ou a vácuo, até uma concentração entre 65 °Brix e 68 °Brix (ALMEIDA et al., 1999).

O preparo de geleias e doces é, em geral, uma das formas de conservação de frutas, pois é trabalhada, além do calor, a concentração de açúcar, com alteração da pressão osmótica; com isso, amplia-se o tempo de vida útil do produto (KROLOW, 2005).

Segundo Krolow (2005), para a elaboração de geleias com qualidade, devem ser tomados alguns cuidados com a matéria-prima e os ingredientes, conforme descrito a seguir.

## Cuidados com a matéria-prima e demais ingredientes

Para a fabricação de doces, é importante o uso de frutas sadias e maduras. A qualidade de uma geleia ou de qualquer doce de frutas depende muito da qualidade da matéria-prima utilizada, no que diz respeito à sua sanidade. Observar, então, as seguintes recomendações:

- Para frutas frescas: observar se estão isentas de larvas de insetos, podridões, manchas, contaminantes (agrotóxicos), etc.
- Para frutas congeladas: não devem ter sofrido descongelamento durante o período de armazenamento e, conseqüentemente, alterações na sua qualidade, por exemplo, na fermentação.
- Para polpas:
  - a) Congeladas: assim como nas frutas congeladas, observar se não sofreram descongelamento durante o armazenamento.
  - b) Conservadas quimicamente: verificar se estão bem conservadas pela ausência de fermentação, alterações de acidez, etc..
  - c) Pasteurizadas: observar se as embalagens estão em bom estado de conservação.

Para a elaboração das geleias, é aconselhável o uso de frutas com maturação ótima, pois apresentam maior concentração de pectina e melhores aroma, cor e sabor. Caso elas estejam muito maduras, fazer uma mistura com frutas menos maduras, para melhorar a formação do gel. Para tanto, observar as seguintes informações:

- Se as frutas estão muito maduras: houve transformação da pectina em ácido péctico, não havendo uma perfeita geleificação da geleia.
- Se as frutas estão imaturas: ainda não houve a transformação da protopectina em pectina, também havendo alteração do gel.
- Se as frutas não estão adequadamente amadurecidas: concentração máxima de pectina, cor, aroma e sabor.

## Açúcar

O açúcar deve ser de boa procedência. Pode ser usado açúcar cristal, desde que isento de sujidades, tais como fios de tecido, fragmentos de madeira, pedras, pedaços de plástico, insetos, corpos estranhos, etc.

Podem ser usados até 15% de glicose para substituir parte do açúcar cristal. A função da glicose é a de dar mais brilho à geleia, evitar cristalização e reduzir a doçura, melhorando, assim, a qualidade do produto final.

## Pectina

Essa substância está presente na natureza, fazendo parte dos tecidos das plantas. Está associada ao processo de maturação das frutas e apresenta a capacidade de formar gel, quando em presença de açúcar. Industrialmente, utilizam-se a maçã e frutos cítricos como principais fontes (matéria-prima) de obtenção de pectina, que é apresentada na forma de pó. Pode também ser apresentada sob a forma de concentrados, sendo que, nessa forma, pode sofrer degradação, pois apresenta umidade elevada, chegando a perder atividade durante o armazenamento, além de ficar suscetível à fermentação. Essa é a forma usualmente utilizada quando a pectina é feita de forma caseira.

A quantidade de pectina a ser acrescentada na fabricação de geleias vai depender da quantidade de açúcar adicionada e do teor de pectina presente na própria fruta ou suco. Normalmente, a proporção varia de 0,5% a 1,5% de pectina para o açúcar usado na formulação. Mas esse teor vai depender da quantidade de pectina naturalmente presente na fruta. Para saber se a fruta ou suco é rico ou pobre em pectina, deve-se realizar o teste do álcool, conforme descrito a seguir.



Em um recipiente limpo, colocar uma colher de chá com o suco da fruta e três colheres de chá com álcool a 95 °GL. Agitar a mistura e deixar repousar por cerca de 2 minutos. Observar, então, o precipitado formado:

- a) Se o coágulo for transparente, bastante gelatinoso e firme, isso significará alto teor de pectina.
- b) Se o coágulo for frágil, mais ou menos gelatinoso, rompendo-se e dividindo-se em dois ou três pedaços sob agitação leve, isso significará teor médio, moderado de pectina.
- c) Se o precipitado for filamentososo e granulado, rompendo-se em vários pedaços sob agitação bastante leve, isso significará baixo teor de pectina.

## Ácido

Os ácidos usados na elaboração das geleias estão presentes na natureza. Quando uma fruta for pobre em ácido, esse deverá ser adicionado a ela, para se obter uma boa geleificação e se realçar o sabor natural da fruta. O ácido também ajuda a evitar a cristalização do açúcar durante o armazenamento da geleia.

Os ácidos geralmente usados para esse fim são os ácidos orgânicos, constituintes naturais das frutas, como o ácido cítrico, o tartárico e o málico.

Passos a serem seguidos para a elaboração de geleias:

**1º passo:** as frutas devem ser lavadas e higienizadas, e despolpadas ou cortadas, quando frutas grandes. Quando forem pequenas, podem ser usadas inteiras, caso não apresentem caroços.

**2º passo:** colocar as frutas, as polpas ou o suco, previamente pesados, no tacho ou panela.

**3º passo:** iniciar o aquecimento até atingir 65 °C a 70 °C, quando, então, é feita a adição da pectina, lentamente.

**4º passo:** manter nessa temperatura por 3 a 4 minutos.

**5º passo:** adicionar o restante do açúcar, juntamente com a glicose.

**6º passo:** continuar o cozimento até alcançar a concentração desejada, a qual deverá estar entre 65 °Brix e 70 °Brix (teor de sólidos solúveis totais).

**7º passo:** adicionar o ácido dissolvido em água e manter a agitação até completar a mistura da solução ácida.

**8º passo:** desligar a fonte de aquecimento e proceder ao imediato envase (colocação nas embalagens) logo que a geleia estiver com uma temperatura em torno de 85 °C a 90 °C.

**9º passo:** imediatamente após o envase, fechar as embalagens e inverter a posição delas (ou seja, colocar de “boca para baixo”), com o objetivo de promover o maior aquecimento da tampa e sua consequente vedação.

**10º passo:** passados aproximadamente 5 minutos, devolver as embalagens à posição normal. Evitar movimentá-las desnecessariamente, para não interferir na formação do gel.

**11º passo:** pode-se fazer o resfriamento das embalagens logo após o 10º passo, colocando-as em um tacho ou panela com água previamente aquecida (para evitar choque térmico e quebra das embalagens de vidro). Deixar correr água fria dentro da panela ou tacho, que vai escorrer lentamente pelas paredes. Quando a água estiver fria, esperar que as embalagens resfriem, até ficarem mornas (verificar a temperatura encostando a embalagem no dorso da mão ou na parte interna do antebraço); retirá-la da água e deixar secar naturalmente, ou, então, secar as tampas com um pano limpo e seco.

Não há necessidade de submeter as geleias a tratamento térmico, mas, para aumentar a segurança sobre a qualidade do produto final, pode-se proceder da seguinte forma: imediatamente após o envase, fechar as embalagens e colocá-las em tacho ou panela contendo água já aquecida, para evitar que as embalagens de vidro quebrem. Mantê-las submersas, enquanto a água ferve. Manter por 15 minutos sob fervura. Desligar a fonte de aquecimento e proceder ao resfriamento, conforme descrito no 11º passo.

### Dicas

- Nunca pare de mexer a geleia, evitando, assim, que ela se queime e fique grudada no fundo da panela ou tacho.
- A pectina nunca deve ser adicionada na forma pura, mas sempre a seco e já misturada com um pouco de açúcar. Para preparar essa mistura, proceder da seguinte

forma: pesar a quantidade de açúcar a ser usada na geleia e separar uma quantidade que corresponda a dez vezes o peso da pectina a ser usada. Por exemplo: se precisar usar 80 g de pectina para fazer a geleia, separar 800 g da quantidade total de açúcar. Esse açúcar deverá ser bem misturado com a pectina, e sempre a seco, ou seja, sem acrescentar água. Assim, a pectina estará pronta para ser acrescentada à geleia.

- O ácido sempre deve ser adicionado diluído em água potável (não exceder 250 mL, pois maior quantidade de água provocará resfriamento rápido da geleia e alteração do ponto final). Quando a geleia atingir o ponto final, agitar a mistura para completar a homogeneização do ácido.

## Determinação do ponto final das geleias

Basicamente, existem quatro formas de determinar o ponto final da geleia:

- Determinação do teor de sólidos (método mais preciso): para tanto, usar um aparelho chamado refratômetro.
- Teste da colher (método empírico): com o uso de uma pá ou colher, retirar pequena quantidade de geleia, e deixar a porção de geleia escorrer:
  - a) Se escorrer na forma de fio ou gotas, ainda não estará no ponto.
  - b) Se escorrer na forma de placas ou lâminas, parcialmente solidificada, estará no ponto desejado.
- Teste do copo (método empírico): com uma colher, pegar uma porção de geleia e deixar pingar uma gota em um copo com água fria:
  - a) Se a gota se dividir em pequenas gotas ou se dissolver na água, ainda não estará no ponto.
  - b) Se a gota chegar inteira ao fundo do copo, já estará no ponto desejado.
- Determinação da temperatura de ebulição (método não tão empírico e, assim, relativamente preciso): nesse tipo de teste, a temperatura sofre influência da altitude, ou seja, quanto mais próximo do nível do mar, maior a temperatura, conforme descrito na Tabela 2.

**Tabela 2.** Conversão da temperatura de ebulição em °Brix.

°Brix	Altitude				
	Nível do mar	500 m	1.000 m	1.500 m	2.000 m
50	102,2	100,5	98,8	97,1	95,4
60	103,7	102,2	100,3	98,6	96,9
62	104,1	102,4	100,7	99,0	97,3
64	104,6	102,9	101,2	99,5	97,8
66	105,1	103,4	101,7	100,0	98,3
68	105,7	104,0	102,3	100,6	98,9
70	106,4	104,7	103,0	101,3	99,6

Fonte: Torrezan (1997).

Contrariando a crença popular, o processamento de alimentos não implica a perda de compostos nutricionais e funcionais. Os pesquisadores explicam que o néctar, o suco e a polpa (purê) fabricados com morango mantêm boa parte de sua qualidade original. Podem, então, fazer parte de uma dieta saudável, independentemente da sazonalidade. Afirmam ainda que esses produtos são uma excelente fonte de substâncias nutricionais com potencial antioxidante. O purê, por exemplo, cuja produção exige poucas etapas de processamento, sem pasteurização, apresentou a melhor qualidade dos compostos medidos. Por sua vez, quantidades consideráveis de substâncias antioxidantes diminuem com o aumento das etapas de processamento e o uso de aquecimento (KLOPOTEK et al., 2005).

## Referências

- AGUILÓ-AGUAYO, I.; OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Changes in quality attributes throughout storage of strawberry juice processed by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. **LWT – Food Science and Technology**, v. 42, n. 4, p. 813-818, 2009.
- ALMEIDA, M. E. M.; MARTIN, Z. J.; MAKIYAMA, P. A. A industrialização do morango. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 84-88, 1999.
- IBARZ, A.; PAGÁN, J.; GARZA, S. Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 39, n. 4, p. 415-422, 1999.
- KLOPOTEK, Y.; OTTO, K.; BÖHM, V. Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 14, p. 5640-5646, 2005.
- KROLOW, A. C. R. **Preparo artesanal de geléias e geleadeiras**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 29 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 138).

LEE, H. S.; NAGY, S. Quality changes and nonenzymic browning intermediates in grapefruit juice during storage. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 1, p. 168-172, 1988.

PATRAS, A.; BRUNTON, N. P.; PIEVE, S. D.; BUTLER, F. Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées Innovative. **Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, n. 3, p. 308-313, 2009.

RODRIGO, D.; LOEY, A. van; HENDRICKX, M. Combined thermal and high pressure colour degradation of tomato puree and strawberry juice. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 2, p. 553-560, 2007.

SINHA, N K. Strawberries and raspberries. In: HUI, Y. H. (Ed.). **Handbook of fruits and fruit processing**. Oxford: Blackwell, 2006. p. 581-595.

TEIXEIRA, G. H. de A.; CUNHA JÚNIOR, L. C.; DONADON, J. R.; SANTOS, L. O.; MARTINS, R. N. Processamento de morango. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 88-97, 2007.

TORREZAN, R. (Coord.). **Curso de processamento de frutas**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA; Brasília, DF: SEBRAE, 1997. 135 p.

VENDRUSCOLO, J. L. S.; VENDRUSCOLO, C. T. Conservação de morango para a elaboração de produtos industrializados. In: PEREIRA, D. P.; BANDEIRA, D. L.; QUINCOZES, E. da R. F. (Ed.). **Sistema de produção do morango**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de produção, 5). Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap14.htm>>. Acesso em: 24 set. 2011.



Na Livraria Embrapa, você encontra  
livros e e-books sobre agricultura, pecuária,  
negócio agrícola, etc.

Para fazer seu pedido, acesse:  
**[www.embrapa.br/livraria](http://www.embrapa.br/livraria)**

ou entre em contato conosco  
**Fone: (61) 3448-4236**  
**Fax: (61) 3448-2494**  
**[livraria@embrapa.br](mailto:livraria@embrapa.br)**

Você pode também nos encontrar nas redes sociais:



[facebook.com/livrariaembrapa](https://facebook.com/livrariaembrapa)



[twitter.com/livrariaembrapa](https://twitter.com/livrariaembrapa)

**Impressão e acabamento**  
**Embrapa Informação Tecnológica**

O papel utilizado nesta publicação foi produzido conforme a certificação  
do Bureau Veritas Quality International (BVQI) de Manejo Florestal.